



Universitat de Lleida

# TREBALL FINAL DE GRAU



ESCOLA  
POLITÀCNICA SUPERIOR  
UNIVERSITAT DE LLEIDA  
INSPIRING THE FUTURE

**Estudiant:** Roger Mateu Vichares

**Titulació:** Grau en Enginyeria Mecànica

**Títol de Treball Final de Grau:** Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.

**Director/a:** Joan Roca i Enrich

Presentació

Mes: Juliol

Any: 2020



## Índex

<b>1.</b>	<b>OBJECTE.....</b>	<b>4</b>
<b>2.</b>	<b>ABAST .....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>ANTECEDENTS .....</b>	<b>7</b>
<b>4.</b>	<b>METODOLOGIA I MITJANS NECESSARIS .....</b>	<b>9</b>
<b>5.</b>	<b>REQUERIMENTS .....</b>	<b>10</b>
5.1.	Requeriments de funcionament del vehicle.....	10
5.2.	Requeriments del sistema motriu .....	17
5.3.	Requeriments de disseny del basculant.....	17
<b>6.</b>	<b>ANÀLISI DE SOLUCIONS .....</b>	<b>20</b>
6.1.	Conjunt de transmissió.....	20
6.1.1.	Diferencial.....	21
6.1.2.	Caixa de canvis .....	23
6.1.3.	Caixa de transferència .....	27
6.1.4.	Conclusions sobre l'elecció dels components de la transmissió .....	28
6.2.	Anàlisi de les opcions motrius proposades .....	29
6.2.1.	Requeriments de funcionament en funció de les solucions proposades ....	30
6.2.2.	Càlcul dels requeriments mínims del motor .....	32
6.2.3.	Cerca i elecció del motor elèctric.....	35
6.2.4.	Comparació de les solucions proposades.....	38
6.3.	Anàlisis dels dissenys del basculant.....	40
6.3.1.	Diferents versions preliminars proposades .....	43
6.4.	Dissenys de detall del basculant .....	49
6.4.1.	Opció A.....	49
6.4.2.	Opció B.....	50
6.4.3.	Opció C.....	51
6.4.4.	Opció D.....	52
<b>7.</b>	<b>RESULTATS.....</b>	<b>54</b>
7.1.	Elecció del disseny final del basculant .....	54
7.2.	Dimensionament dels elements del conjunt basculant .....	57
7.2.1.	Corretja.....	58
7.2.2.	Arbres de transmissió .....	64
7.2.3.	Elements estructurals.....	70
7.2.4.	Rodament del basculant i casquets de fricció .....	76
<b>8.</b>	<b>CONCLUSIONS.....</b>	<b>79</b>
<b>9.</b>	<b>FONTS D'INFORMACIÓ .....</b>	<b>80</b>
9.1.	Recursos electrònics en línia .....	80



Universitat de Lleida  
Escola Politècnica Superior

Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.

Autor: Roger Mateu Vichares

MEMÒRIA

Pàgina: 3 de 85

10.	PLANIFICACIÓ (DIAGRAMA DE GANTT) .....	84
11.	AGRAÏMENTS .....	85



## 1. Objecte

L'objectiu d'aquest treball de final grau és dissenyar el conjunt de transmissió i l'element basculant d'un vehicle tot terreny.

Es reprèn l'anterior treball de final de grau d'en Josep Maria Valero, en el qual va dissenyar el conjunt dels bogies del vehicle.

Aquest treball seguirà uns requeriments de disseny i de funcionament que vindran donats, o pel treball anterior al que es complementa o pel tutor.

Els elements del vehicle es dissenyaran amb ajuda d'un programa CAD 3D i es construirà un prototipus en escala reduïda, mitjançant una impressora 3D entre altres mètodes de fabricació.

Per poder dissenyar i construir el prototip es buscaran i seleccionaran components comercials com el diferencial, la caixa de canvis i el motor elèctric. A part d'altres peces que no es puguin imprimir en 3D o mecanitzar.

La fabricació del prototipus era vigent fins a l'entrada de l'estat d'alarma degut a la pandèmia COVID-19 que prohibeix l'entrada als laboratoris de la universitat.

Encara que no es pugui materialitzar el projecte, es dissenyaran les peces de manera que posteriorment es puguin imprimir mitjançant una impressora 3D.

Dimensions de referència:

- Escala de referència: 1:6
- Diàmetre exterior de la roda: 100 mm
- Amplada de la roda: 38 mm
- Massa de referència: 6 kg
- Llargada del basculant: 120 mm

*Les condicions de funcionament que haurà de complir el vehicle es detallen a continuació.*

**1r cas:** Baixa velocitat superant un pendent i/o obstacles

El primer cas representa la situació d'un vehicle que es troba en un pendent i ha d'avançar a baixa velocitat, amb dues rodes traccionant per culpa d'un obstacle.

Com a subcas (B) es considera que el vehicle està en la situació anterior i sol té una roda per traccionar. Aquest cas no és d'obligat compliment, ja que és excepcional.

Condicions i valors de referència d'ambdós casos determinats:

- Velocitat en escala real: 2 km/h
- Angle pendent: 45°
- Coeficient resistència de rodadura:  $\rho=0$

**2n cas:** Avançant a "alta" velocitat per terreny amb fricció

Es proposa com a segon cas la hipotètica condició de treball en pla i a "alta" velocitat.

Condicions i valors de referència determinats:



- Velocitat en escala real: 25 km/h
- Angle pendent:  $0^\circ$
- Coeficient resistència de rodadura:  $\rho=0,2$

### 3r cas: Avançant a velocitat mitjana amb pendent

Es proposa com a tercer cas la hipotètica condició de treball en una pujada movent-se a una velocitat mitjana.

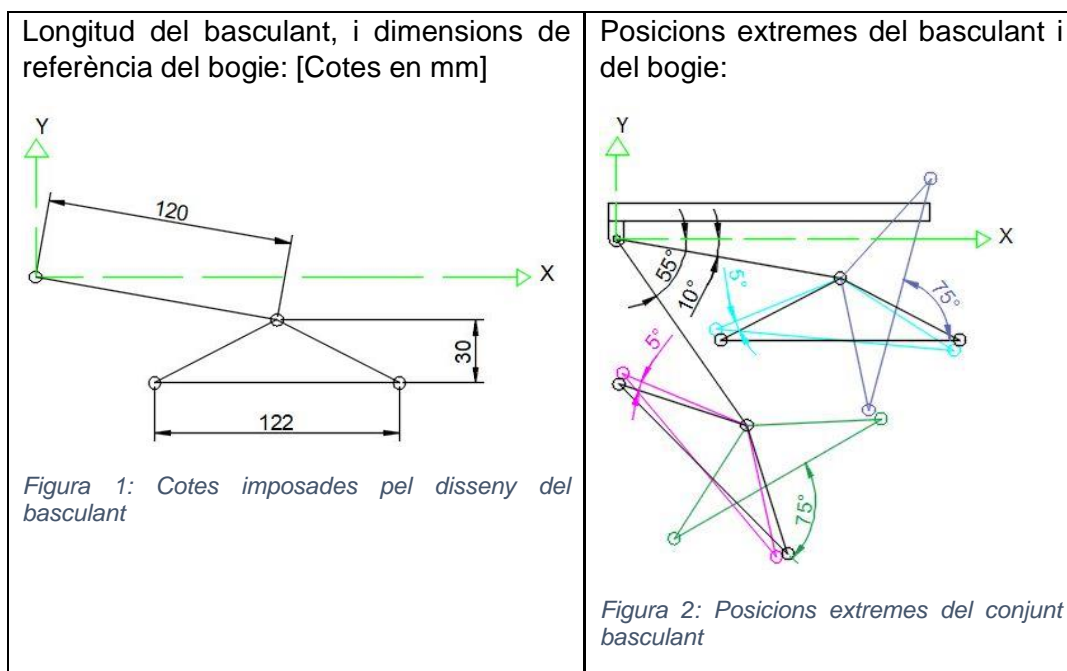
Condicions i valors de referència determinats:

- Velocitat en escala real: 10 km/h
- Angle pendent:  $30^\circ$
- Coeficient resistència de rodadura:  $\rho=0$

*Les condicions de disseny que haurà de complir el vehicle s'expliquen a continuació.*

- La longitud del basculant juntament amb les posicions extremes venen donades.

*Taula 1: Figures dels requeriments de disseny del conjunt basculant*



- Es necessita un disseny compacte, amplada màxima del basculant de 60 mm.
- El conjunt del basculant ha de ser capaç de suportar les forces produïdes d'un vehicle tot terreny. S'han quantificat de 60 N a una roda del vehicle.
- No es fixarà un interval de manteniment d'aquests elements, ja que es tracta d'un prototipus i es canviaran abans d'arribar a unes poques hores de funcionament.
- El basculant ha de ser capaç d'allotjar el sistema de transmissió al seu interior que constarà de dues politges amb els seus arbres i la corretja dentada. S'agafa com a referència el muntatge del bogie.
- El disseny ha de ser vàlid per ser muntat amb peces que es puguin imprimir mitjançant una impressora 3D.



## 2. Abast

L'abast del treball té dues tasques diferenciades, la primera consisteix a dissenyar el conjunt motriu i l'altra consisteix a dissenyar el conjunt del basculant del vehicle.

Sobre el disseny del conjunt motriu es tracta d'analitzar quins són els requeriments de funcionament i buscar tots aquells elements mecànics com el motor, caixa de canvis i diferencial que s'ajustin als requeriments imposats.

Es treballa sobre dues hipòtesis agafades del treball anterior al que es complementa. La primera utilitza un motor per impulsar tot el vehicle i la segona utilitza un motor per cada mòdul. S'analitzaran les dues per veure quina és la que millor s'adapta a les necessitats.

També es dissenyarà el conjunt del basculant que és la peça que sostindrà el xassís amb el bogie. El seu objectiu és transmetre la potència del motor fins als bogies i regular l'altura lliure del xassís amb el terra.

Es proposaran diversos dissenys amb diferents solucions tècniques implementades, posteriorment s'analitzaran per extreure el disseny final.

A continuació s'enumeraran altres aspectes del disseny del vehicle que encara que són necessaris no entren a l'abast d'aquest treball:

- S'hauria d'incorporar al disseny del basculant la implementació de cilindres hidràulics per controlar el moviment respecte al xassís.
- S'hauria d'implementar el sistema de control del motor elèctric.
- S'hauria d'implementar els servomotors per poder canviar la relació de transmissió de la caixa de canvis de forma remota.



### 3. Antecedents

El treball s'emmarca dins d'un projecte que està sent desenvolupat pel SEMB (Sustainable Energy, Machinery and Buildings).

El projecte del SEMB se centra a desenvolupar un vehicle tot terreny que estarà format per dos mòduls units entre si mitjançant una articulació que permetrà el gir d'aquests.

Cada mòdul tindrà quatre rodes, dues per banda però subjectades entre si per un element anomenat bogie, de la mateixa manera el bogie està ancorat amb el xassís, mitjançant un element anomenat basculant.

Aquest treball seguirà les directrius dels requeriments i disseny que l'alumne Josep Maria Valero va fer al seu treball final de grau, revisades pel tutor del treball.

En Josep Maria va ser l'encarregat dissenyat el conjunt bogie del vehicle, per dissenyar aquest element va fer una llista de requeriments de funcionament del vehicle i posteriorment va analitzar quin era el millor sistema de transmissió dins del bogie, concloent que el més òptim era utilitzar una corretja dentada sobre totes les altres solucions.

Es seguirà amb el mateix element de transmissió flexible per la transmissió interior del basculant.

La segona tasca d'en Josep Maria era fer un estudi analitzant diferents solucions de disseny pel sistema motriu concloent que les opcions més òptimes eren utilitzar un motor per vehicle o un motor per mòdul.

Quan es dissenyi el sistema motriu en aquest treball se seguiran analitzant aquestes dues solucions per avaluar quina s'adapta millor.

Per desenvolupar el treball es posaran en pràctica els continguts apresos en les següents assignatures del grau: Càlcul i disseny de màquines, teoria de màquines, tecnologies per la fabricació mecànica i expressió gràfica II.



*Figura 3: Disseny final del bogie del Josep Maria Valero, vista de la transmissió*



*Figura 4: Disseny final del bogie del Josep Maria Valero, vista oposada a la figura 3.1*



*Figura 5: Disseny final del bogie del Josep Maria Valero, vista alçada*





## 4. Metodologia i mitjans necessaris

La metodologia que se seguirà al llarg del desenvolupament del treball s'intentarà que sigui la més estructurada possible.

Primer es detallaran els requeriments de funcionament del vehicle i s'estudiarà quins són els casos més extrems per dimensionar correctament els elements del vehicle.

Es plantejaran totes les solucions tècniques apreses i coneixements adquirits per crear diferents dissenys i comparar-los.

Es realitzaran dissenys de detall de les diferents opcions plantejades amb diferents solucions tècniques aplicades i s'analitzaran per extreure els dos dissenys més òptims i es decidirà comparant-los amb un criteri que tindrà en compte la posterior fabricació del prototip entre altres aspectes.

Els programes utilitzats pel desenvolupament d'aquest treball seran els següents:

- Disseny 3D i plànols: CREO Parametric 5.0
- Figures il·lustratives: Autocad 2019
- Càlculs: Calculadora Casio FX-991 SP i Microsoft Excel
- Taules de dades i gràfics: Microsoft Excel
- Editor de text: Microsoft Word



## 5. Requeriments

Per garantir el funcionament desitjat del prototip que es dissenyarà en aquest treball, s'hauran de complir uns requeriments imposats. Aquests incidiran directament al disseny i desenvolupament del vehicle.

### 5.1. Requeriments de funcionament del vehicle

Es proposen tres situacions que el vehicle haurà de poder superar, s'estudiaran per poder calcular els requeriments de funcionament del vehicle. Els càlculs seran la base per començar a dissenyar i dimensionar el sistema motriu.

- Explicació dels casos i desenvolupament dels càlculs:
  - **Cas 1:** Aquest primer cas planteja la situació que el vehicle es troba en una pujada extrema i ha de ser capaç de superar-la a baixa velocitat.

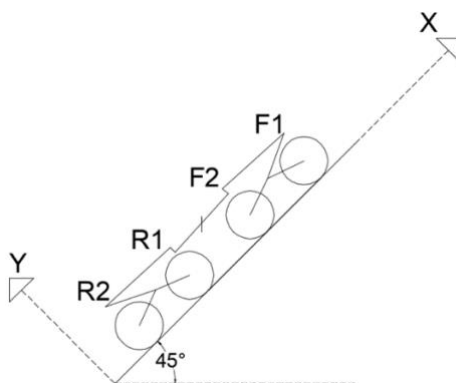


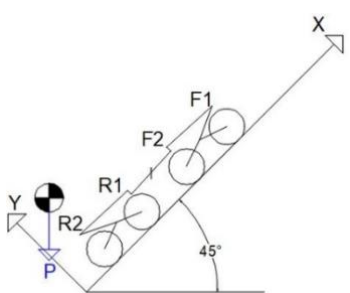
Figura 6: Representació de la situació del vehicle amb les condicions del 1r cas

En una situació real la proporció més gran del pes del vehicle recauria sobre les rodes del mòdul posterior.

En aquesta situació se suposarà que tot el pes recau a l'eix posterior, per tant sol podran traccionar les rodes d'aquest eix.

La variant (B) d'aquest cas planteja la mateixa situació amb la diferència que sol pot traccionar una roda de l'eix.

Taula 2: Resum de les condicions del 1r cas

 <p>Figura 7: Representació de la situació del vehicle amb les condicions del 1r cas indicant de manera qualitativa el centre de gravetat del vehicle</p>	<p>Les condicions d'aquest cas seran les següents:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• Velocitat en escala real: 2 km/h</li><li>• Angle pendent: 45°</li><li>• Coeficient resistència de rodadura: <math>p=0</math></li></ul>
--	---

Taula 3: Desenvolupament dels càlculs per trobar els requeriments a la roda

Diagrama del cos lliure:

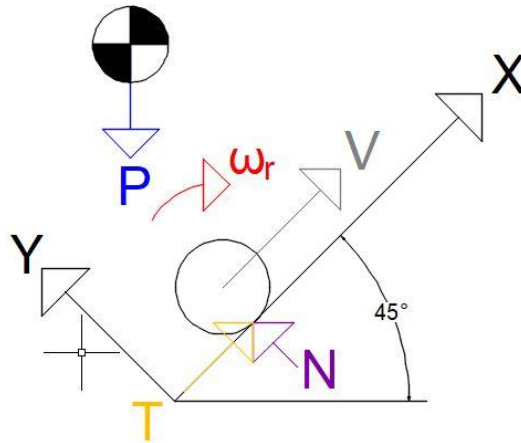


Figura 8: Diagrama del cos lliure d'una roda del vehicle amb les condicions del 1r cas

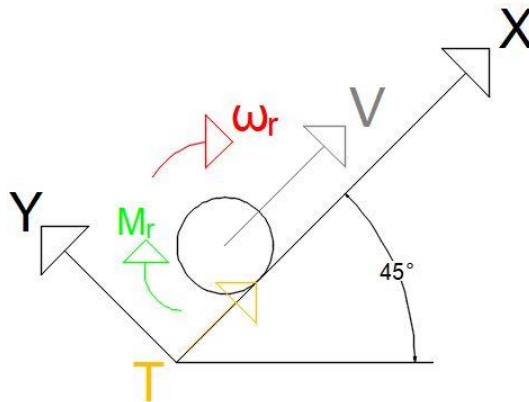


Figura 9: Representació del moment requerit a una roda amb les condicions del 1r cas

Dades:

$$\text{Massa escala } 1:1 = 36\text{Kg}$$

$$\text{Massa escala } 1:6 (m) = 6\text{Kg}$$

$$\text{Gravetat } (g) = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Velocitat escala } 1:1 = 2 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

$$\text{Velocitat escala } 1:6 (v) = 0,33 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 92,6 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$\text{Angle pendent} = 45^\circ$$

$$\text{Coeficient resistència a la rodadura } (\rho) = 0$$

$$\text{Radi de la roda } (r_r) = 50 \text{ mm}$$

Càlculs:

$$m_r = \frac{6 \text{ Kg}}{2} = 3 \text{ Kg}$$

$$P = m_r * g = 3 \text{ Kg} * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 30 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 ; T = P * \sin(45) = 21,2 \text{ N}$$

$$\omega_r = \frac{v}{r_r} = \frac{92,6 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}{50 \text{ mm}} = 1,85 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$M_r = T * r_r = 21,2 \text{ N} * 50 \text{ mm} = 1,06 \text{ Nm}$$

$$P_r = M_r * \omega_r = 1,06 \text{ Nm} * 1,85 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 1,96 \text{ W}$$



- **Cas 2:** El segon cas planteja la situació que el vehicle circula a velocitat de creuer, que és funcional pels desplaçaments de la via pública. Es defineix una velocitat relativament alta de 30 km/h en una superfície plana.

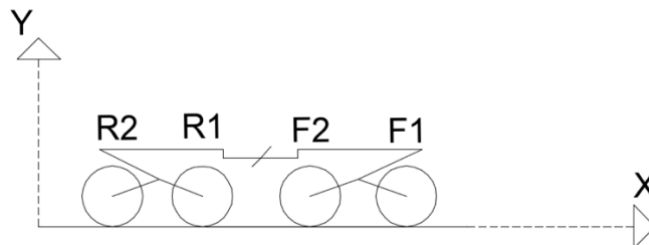


Figura 10: Representació de la situació del vehicle amb les condicions del 2n cas

En aquesta situació el pes del vehicle recau sobre totes les rodes per igual, ja que es tracta d'una superfície sense inclinació.

Les rodes tindran resistència a la rodadura.

Taula 4: Resum de les condicions del 2n cas

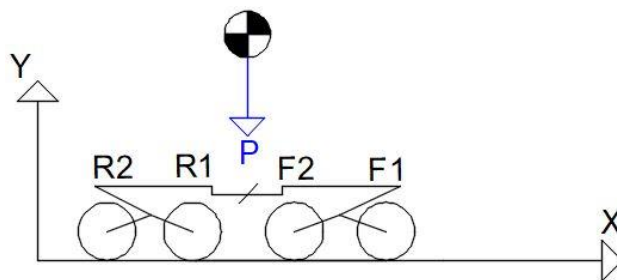


Figura 11 Representació de la situació del vehicle amb les condicions del 2n cas indicant de manera qualitativa el centre de gravetat del vehicle

Les condicions d'aquest cas seran les següents:

- Velocitat en escala real: 30 km/h
- Angle pendent: 0°
- Coeficient resistència de rodadura:  $\rho=0,2$

Taula 5: Desenvolupament dels càlculs per trobar els requeriments a la roda

Diagrama del cos lliure:

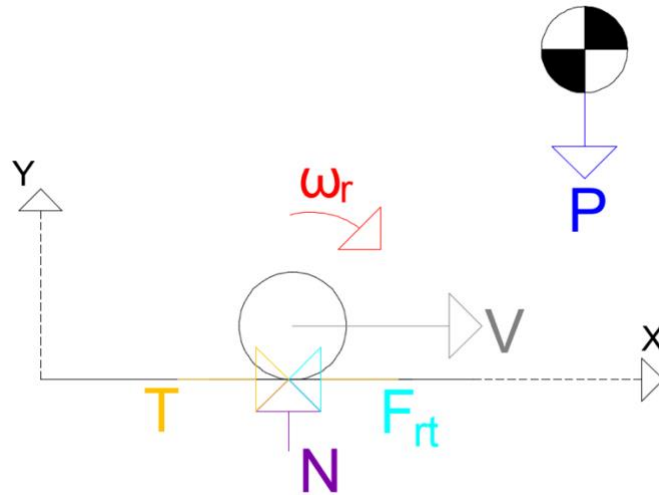


Figura 12: Diagrama del cos lliure d'una roda del vehicle amb les condicions del 2n cas

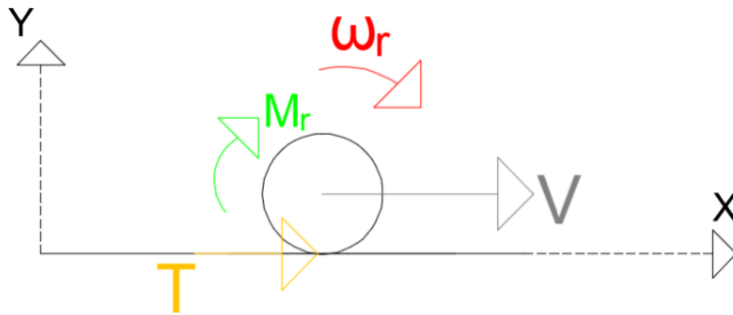


Figura 13: Representació del moment requerit a una roda amb les condicions del 2n cas

Dades:

$$\text{Massa escala } 1:1 = 36Kg$$

$$\text{Massa escala } 1:6 (m) = 6Kg$$

$$\text{Gravetat } (g) = 10 \frac{m}{s^2}$$

$$\text{Velocitat escala } 1:1 = 30 \frac{Km}{h}$$

$$\text{Velocitat escala } 1:6 (v) = 5 \frac{Km}{h} = 1389 \frac{mm}{s}$$

$$\text{Angle pendent} = 0^\circ$$

$$\text{Coeficient resistència a la rodadura } (\rho) = 0,2$$

$$\text{Radi de la roda } (r_r) = 50 \text{ mm}$$

Càlculs:

$$m_r = \frac{6 \text{ Kg}}{8} = 0,75 \text{ Kg}$$

$$P = m_r * g = 0,75 \text{ Kg} * 10 \frac{m}{s^2} = 7,5 \text{ N}$$

$$\sum F_y = 0 ; N = P = 7,5 \text{ N}$$

$$F_{Rt} = \rho * N = 0,2 * 7,5 \text{ N} = 1,5 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 ; T = F_{Rt} = 1,5 \text{ N}$$

$$\omega_r = \frac{v}{r_r} = \frac{1389 \frac{mm}{s}}{50 \text{ mm}} = 27,8 \frac{rad}{s}$$



Universitat de Lleida  
Escola Politècnica Superior

Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.

Autor: Roger Mateu Vichares

MEMÒRIA

Pàgina: 14 de 85

$$\mathbf{M}_r = T * r_r = 1,5 \text{ N} * 0,05 \text{ m} = \mathbf{0,075 \text{ Nm}}$$

$$\mathbf{P}_r = M_r * \omega_r = 0,075 \text{ Nm} * 27,8 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = \mathbf{2,1 \text{ W}}$$



- **Cas 3:** El tercer cas planteja la següent situació; el vehicle ha d'afrontar un pendent mitjanament inclinada amb una velocitat moderada.

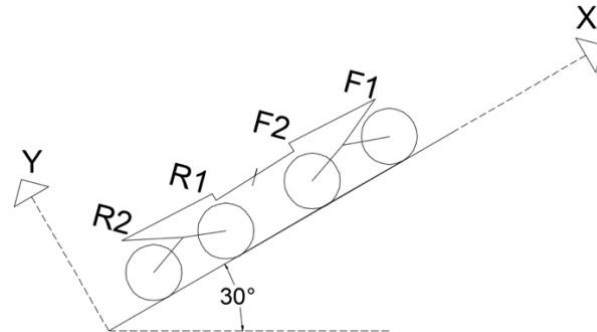


Figura 14: Representació de la situació del vehicle amb les condicions del 3r cas

En un cas real el pes es distribuiria en un percentatge major al mòdul posterior però se suposarà que tot el pes recaurà repartit d'igual manera sobre els eixos del mòdul posterior.

Taula 6: Resum de les condicions del 3r cas

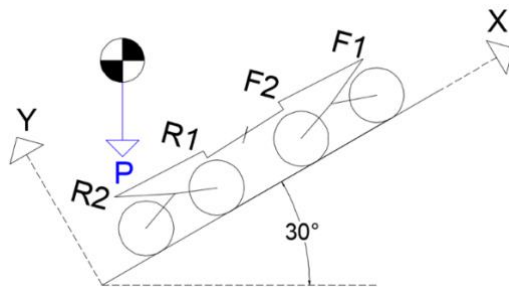


Figura 15 Representació de la situació del vehicle amb les condicions del 3r cas indicant de manera qualitativa el centre de gravetat del vehicle

Les condicions d'aquest cas seran les següents:

- Velocitat en escala real: 10 km/h
- Angle pendent:  $30^\circ$
- Coeficient resistència de rodadura:  $p=0$

Taula 7: Desenvolupament dels càlculs per trobar els requeriments a la roda

Diagrama del cos lliure:

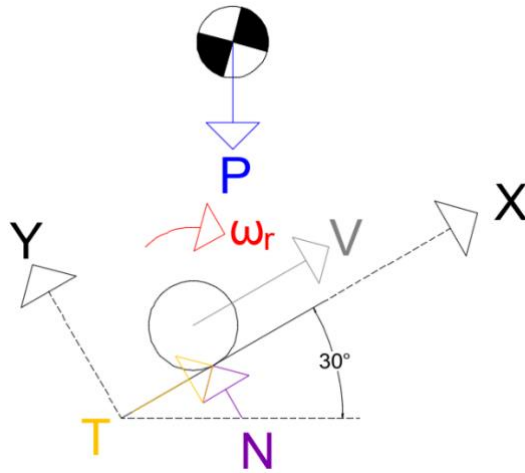


Figura 16: Diagrama del cos lliure d'una roda del vehicle amb les condicions del 2n cas

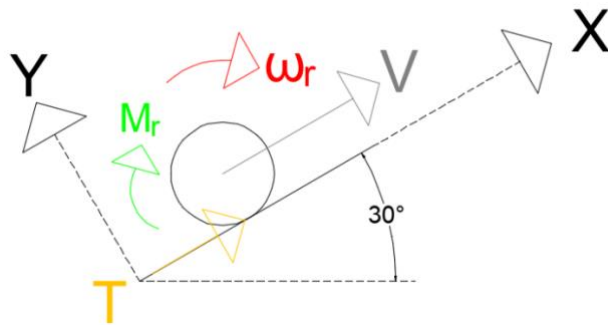


Figura 17: Representació del moment requerit a una roda amb les condicions del 2n cas

Dades:

$$\text{Massa escala } 1:1 = 36 \text{ Kg}$$

$$\text{Massa escala } 1:6 (m) = 6 \text{ Kg}$$

$$\text{Gravetat } (g) = 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$\text{Velocitat escala } 1:1 = 10 \frac{\text{Km}}{\text{h}}$$

$$\text{Velocitat escala } 1:6 (v) = 1,67 \frac{\text{Km}}{\text{h}} = 463 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

$$\text{Angle pendent} = 30^\circ$$

$$\text{Coeficient resistència a la rodadura } (\rho) = 0$$

$$\text{Radi de la roda } (r_r) = 50 \text{ mm}$$

Càlculs:

$$m_r = \frac{6 \text{ Kg}}{4} = 1,5 \text{ Kg}$$

$$P = m_r * g = 1,5 \text{ Kg} * 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 15 \text{ N}$$

$$\sum F_x = 0 ; T = P * \sin(30) = 7,5 \text{ N}$$

$$\omega_r = \frac{v}{r_r} = \frac{463 \frac{\text{mm}}{\text{s}}}{50 \text{ mm}} = 9,26 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$M_r = T * r_r = 7,5 \text{ N} * 0,05 \text{ m} = 0,38 \text{ Nm}$$

$$P_r = M_r * \omega_r = 1,06 \text{ Nm} * 1,85 \frac{\text{rad}}{\text{s}} = 3,47 \text{ W}$$





### 5.2.Requeriments del sistema motriu

Per plantejar el disseny del conjunt motriu es consideraran dues possibles solucions que són donades del treball de final de grau anterior que es complementa.

Es va concloure que les opcions més òptimes són aquestes:

- La primera proposta que el vehicle sigui impulsat per un sol motor.
- La segona opció planteja que el vehicle sigui impulsat per dos motors, cada motor impulsarà un mòdul diferent.

S'estudiaran les dues opcions i es compararan explicant quins són els avantatges i desavantatges de cadascuna.

El basculant allotjarà una corretja dentada com a sistema de transmissió flexible.

La raó de l'ús de la corretja i no un altre mètode de transmissió flexible, és que va ser objecte d'estudi del treball de grau anterior que s'està complementant i es va concloure que el sistema de transmissió flexible més òptim era la corretja dentada.

### 5.3.Requeriments de disseny del basculant

Cotes que definiran el disseny del basculant:

- S'imposen unes dimensions fixes i unes posicions extremes que defineixen el disseny del basculant.

Aquestes dimensions caracteritzaran l'ús que se li donarà al vehicle, com s'ha explicat anteriorment enfocat a l'ús tot terreny.

Taula 8: Figures dels requeriments de disseny del conjunt basculant

Llargada del basculant, i dimensions de referència del bogie: [Cotes en mm]

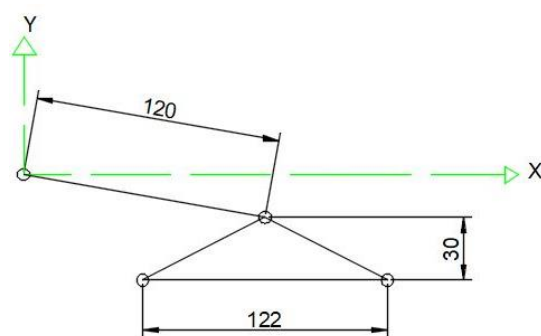


Figura 18: Cotes imposades pel disseny del basculant

Posicions extremes del basculant i del bogie:

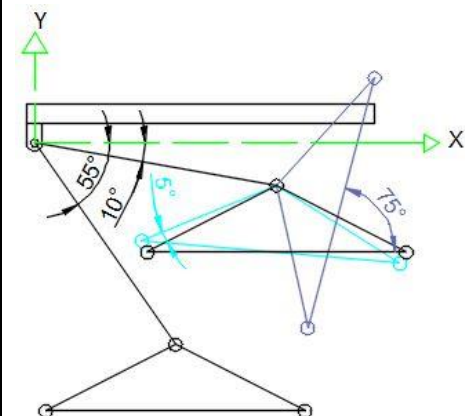


Figura 19: Posicions extremes del conjunt basculant



Es necessita un disseny compacte:

- Es buscarà un disseny que tingui unes mesures el més contingudes possible.
- És un factor decisiu a l'hora de comparar diferents dissenys.
- Com a màxim l'amplada del basculant serà de 60 mm.

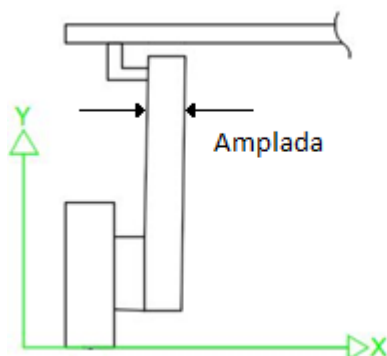


Figura 20: Indicació visual de l'amplada del basculant

El conjunt del basculant ha de ser capaç de suportar les forces produïdes d'un vehicle tot terreny:

- Es considerarà que un dels quatre conjunts basculant ha de suportar una càrrega de 60 N aplicada al centre de la roda.
- La inclinació lateral màxima que podrà enfrontar-se el vehicle serà de 30°.

Taula 9: Càrregues que rebra el vehicle

Representació del vehicle a una rampa de 30° d'inclinació lateral:

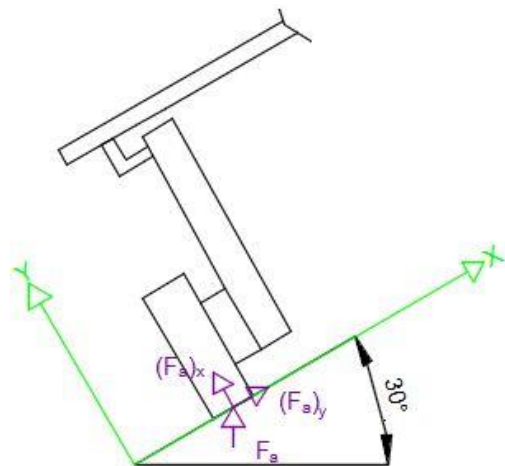


Figura 21: Representació del vehicle al pla YX indicant les forces que actuen amb la inclinació màxima del terreny proposada

Equacions:

$$F_a = 60 \text{ N}$$

$$(F_a)_x = 60 * \sin(30) = 30 \text{ N}$$

$$(F_a)_y = 60 * \cos(30) = 52 \text{ N} ;$$



Representació del vehicle en una superfície plana:

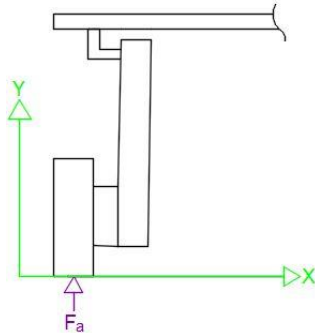


Figura 22: Representació del vehicle al pla YX indicant les forces que actuen sense inclinació del terreny

Equacions:

$$F_a = 60 \text{ N}$$

En aquest cas s'obtindrà la força radial màxima

Durabilitat dels elements que permeten moviments relatius entre peces:

- Aquests elements seran els rodaments i casquets de fricció que s'utilitzin al disseny final.
- No es fixarà un interval de manteniment d'aquests elements, ja que es tracta d'un prototipus i es canviaran abans d'arribar a unes poques hores de funcionament.

El basculant ha de ser capaç d'allotjar el sistema de transmissió al seu interior:

- El muntatge d'aquest sistema, ha de quedar totalment integrat al basculant, així podrà resistir a tota mena de cops i condicions ambientals exteriors. S'agafa la referència del bogie que duu les corretges integrades a dins de la mateixa carcassa i que es munten a través d'una tapa.



Figura 23: Vista de la transmissió del bogie

- El sistema de transmissió constarà de:
  - Dues politges distanciades 120 mm unides mitjançant una corretja dentada.
  - El diàmetre de les politges determinarà les dimensions mínimes del basculant.



Figura 24: Components del sistema de transmissió indicant la longitud entre politges



## 6. Anàlisi de solucions


### 6.1. Conjunt de transmissió

Per transmetre la potència del motor fins a les rodes es necessitaran aquests components:

- Caixa de canvis
- Diferencial
- Caixa de transferència

L'objectiu del projecte no és fabricar aquests components, seran comprats.

Es proposaran diverses opcions de cada component i s'escollirà d'acord amb un criteri explicat a cada subapartat.

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.	
	Autor: Roger Mateu Vichares	
	MEMÒRIA	Pàgina: 21 de 85

### 6.1.1. Diferencial

*Taula 10: Característiques dels components comercials cercats*

Marca	DHK Hobby 8381-125	HSP RC 94108	HSP 94170
Escala	1:8	1:10	1:10
Relació de transmissió	Pinyó - Corona -	Pinyó 13T Corona 38T*	Pinyó 13T Corona 38T*
Material de les dents	Metall	Metall	Metall
Preu	21€	7€	7€
Pes i dimensions	-	-	40x60 mm
Fotografia			

\* No és una dada especificada pel fabricant però s'ha buscat a l'especejament del producte i s'ha trobat aquesta informació. Es justifica en la següent imatge:



*Figura 25: Informació de la corona del diferencial*

Els diferencials proposats són de tipus "oberts" per aprofitar la seva característica fonamental que consisteix a tenir una diferència de voltes lliure a cada roda, així no es tindrà cap problema quan es facin girar tancats amb el vehicle.

Es va contemplar la idea de buscar diferencials que es poguessin bloquejar i així tenir majors possibilitats de tracció en terrenys lliscants, però és molt difícil trobar-los en l'escala requerida, deixant de banda que el preu és molt més alt.

L'elecció del diferencial es farà tenint en compte l'escala, la relació de transmissió i el preu. S'han buscat aquests components d'acord amb les mesures i l'escala proposada del prototip.

A les descripcions dels articles no sempre es troba tota la informació que es necessita, per tant un cop es compri l'article s'examinarà més a fons per verificar les especificacions.



Es proposa la compra del diferencial HSP 94170 perquè es coneix la seva relació de transmissió, és un producte econòmic i les seves dimensions són especificades pel fabricant.

Com a segona opció es proposa el model DHK Hobby 8381-125 que tindrà unes dimensions majors, ja que l'escala és major, però com a desavantatge no se sap quina és la relació de transmissió i no és tan econòmic.

Relació de transmissió del diferencial proposat:

$$i_{diferencial} = \frac{z_{sortida}}{z_{entrada}} = \frac{38}{13} = 2,9231$$

$$\tau_{diferencial} = \frac{1}{\tau_{diferencial}} = 0,3421$$







### 6.1.2. Caixa de canvis

Per l'elecció la caixa de canvis es tindrà en compte que l'esglaonament de la relació de transmissió entre les dues marxes sigui prou diferenciat, per poder complir els requeriments de funcionament.

També es tindrà en compte el valor de l'escala de fabricació perquè no es tinguin problemes a l'hora de col·locar-la al vehicle.

#### Opcions de caixes de canvis per a vehicles radio control:

Taula 11: Característiques dels components comercials cercats

Marca	WLP 1	WLP 2	WLP 3	HG P407
Escala	1/16	1/16	1/16	1/10
Nº de marxes	2	2	2	3
Relació de transmissió	- Velocitat màxima 1ª marxa – 10 km/h  Velocitat màxima 2ª marxa – 30 km/h	-	-	1ra marxa - 1:54.63  2ona marxa- 1:40.49  3ra - 1:27.92
Material de les dents	Plàstic	Metall	Metall	Metall
Extres	Servomotor pel canvi de marxes + motor	Servomotor pel canvi de marxes + motor + comandament	Motor	Motor
Tipus de motor (si inclou)	Motor amb escombretes	Motor amb escombretes	-	Motor amb escombretes
Preu	16€	37€	15€	66€
Pes i dimensions	102gr / -	- / -	- / -	500gr / -
Fotografia				



Les diferents opcions que es mostren a la taula anterior no compleixen amb els requisits de cerca, ja sigui per la desinformació del fabricant respecte a la relació de transmissió o per l'escala de fabricació.

Hi ha caixes de canvis que van unides amb un motor però als anuncis d'aquestes caixes de canvis no es proporciona cap especificació del motor, per tant no se sap si rendirà de manera adequada a les necessitats que es tenen.

### Opcions de caixes de canvis de tipus epicicloïdals:

- Tren de transmissió amb dues relacions d'un trepant elèctric de la marca Milwaukee. No se sap quina és la relació de transmissió i el preu és de 100€ segons una pàgina web distribuïdora d'aquesta marca.

0024	CONTROL DEVICE (1)	4931435969	1.00
0025	RAM (1)	4931441969	3.00
0026	SPRING PLATE (1)	4931452341	1.00
0029	JOINING PART (1)	631542001	2.50
0034	MOTOR ASSEMBLY (1)	4931435971	27.00
0035	GEAR KIT (1)	4931435979	35.00
0036	KEYLESS CHUCK (1)	4931461743	29.00
0037	RATING PLATE (1)	4931435976	1.00

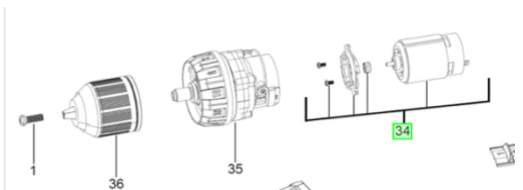


Figura 26: Especejament de la transmissió d'un trepant elèctric Milwaukee

- Compra dels engranatges d'un tren de transmissió epicicloïdal.

Aquesta opció resulta molt més econòmica que l'anterior i hi ha diferents configuracions per escollir amb diferents nombres de dents.

Aquest conjunt d'engranatges estan a la venda des dels 30 €, el preu no és un inconvenient.

El desavantatge d'aquesta opció és que s'hauria de dissenyar algun tipus de mecanisme per bloquejar els eixos i una carcassa de protecció que també serveixi d'acoblament amb el motor.



Figura 27: Engranatges d'una transmissió epicicloïdal

### Caixa de canvis marca Traxxas:

Es coneix aquesta marca que fabrica cotxes tot terreny a ràdio control els quals disposen d'una caixa de canvis de dues relacions orientada a l'ús "crawler".

Es té l'opció de comprar la caixa de canvis sabent que pot tenir una relació de transmissió semblant a la buscada.



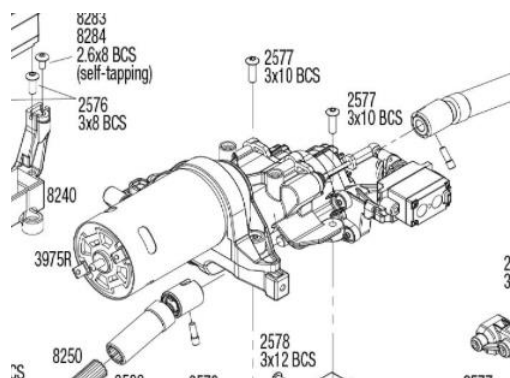


Figura 28: Especejament de la caixa de canvis marca Traxxas

Opcions de compra:

- Al portal "Ebay" des dels 60 € sense cap especificació.



Figura 29: Caixa de canvis del pèl vehicle tot terreny Traxxas anunciada al portal de compres Ebay

- La següent opció és al portal "Aliexpress" amb les següents especificacions:

Taula 12: Característiques del component comercial cercat

<b>Marca</b>	AXSPEED
<b>Escala</b>	1/10
<b>Núm. de marxes</b>	2
<b>Núm. de dents dels engranatges</b>	Engranatge recte: 45T Engranatges d'entrada: 18T, 30T, Engranatge de sortida: 36T Engranatges de la caixa de transferència: 27T
<b>Extres</b>	Caixa de transferència incorporada
<b>Material de les dents</b>	Metall




<b>Preu</b>	50€
<b>Pes i dimensions</b>	250gr / -
<b>Fotografia</b>	

Es proposa comprar la caixa de canvis semblant a la del model Traxxas TRX4, ja que sembla la més equilibrada de totes les opcions.

Segons els requeriments exigits:

- La relació de transmissió s'adapta a les necessitats.
- Té l'escala buscada.
- Es pot analitzar al laboratori amb el Traxxas que es disposa abans de comprar-la.
- El preu és correcte.
- Inclou la caixa de transferència.

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies. Autor: Roger Mateu Vichares MEMÒRIA <span style="float: right;">Pàgina: 27 de 85</span>	
---	--	--

### 6.1.3. Caixa de transferència

*Taula 13: Característiques dels components comercials cercats*

Marca / Model	SCX10	WPL	HG 6ASS-P05
Escala	1/10	1/16	1/12
Relació de transmissió	1,45:1	1:1	-
Material de les dents	Metall	Metall	Metall
Preu	12€	13€	27€
Pes i dimensions	112gr / 50x50x24	- / -	230gr / -
Fotografia			

En cas que s'esculli l'opció d'un motor per tot el vehicle, s'ha d'incorporar una caixa de transferència, per poder transmetre la força del motor als dos eixos.

S'han buscat diverses opcions, tant per la seva escala de fabricació, com per la relació de transmissió.



#### 6.1.4. Conclusions sobre l'elecció dels components de la transmissió

Els components que s'han trobat anteriorment són fruit d'una cerca basada en productes per vehicles a ràdio control, ja que en essència el prototipus a escala serà un vehicle d'aquest tipus.

La cerca d'aquests components s'ha fet en pàgines web especialitzades en vehicles a ràdio control on hi ha tota mena de productes però no sempre es troba el producte ideal per l'ús requerit, és per això, que es proposen diversos components amb petites variacions de les seves especificacions, així es té un ventall més ampli a l'hora d'escollir el producte més equilibrat.



## 6.2. Anàlisi de les opcions motrius proposades

Com bé s'ha explicat anteriorment a l'apartat dels requeriments motrius, es contemplen dues solucions possibles pel que fa al nombre de motors que propulsaran el vehicle, per tant s'avaluaran les dues solucions.

El procediment consistirà a calcular els requeriments necessaris del motor per a cada solució i se seleccionarà el motor comercial que més s'adeqüi.



### 6.2.1. Requeriments de funcionament en funció de les solucions proposades

En aquest apartat es calcularan els requeriments de funcionament per cada cas motriu proposat.

Aquests càlculs contemplaran la situació més extrema pel motor, ja que depenent de la configuració del motor escollida, aquest haurà de tenir la potència suficient per fer traccionar les rodes corresponents.

- Recordatori de la casuística proposada per cada cas:

Taula 14: Casuística de cada cas proposat

CAS 1 (A)	Pujada, se suposa que tot el pes recau en l'eix R2 pel que han de traccionar aquestes dues rodes.
CAS 1 (B)	Com el cas anterior però sol pot traccionar una roda.
CAS 2	En pla a alta velocitat, totes les rodes del vehicle han de traccionar.
CAS 3	Pujada, se suposa que tot el pes recau en les rodes R1 i R2. Totes les rodes del mòdul posterior han de traccionar.

- Recordatori dels requeriments trobats a la roda del vehicle:

Taula 15: Valors de parell, velocitat angular i potència a la roda per a cada cas

	CAS 1	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
$\omega_r$ [rad/s]	1,85	1,85	27,8	9,26
$\Gamma_r$ [N/m]	1,06	2,12	0,08	0,38
Pr [W]	1,96	3,93	2,08	3,47

A la taula núm. 15 s'han trobat els requeriments necessaris a una roda del vehicle, per tant el següent pas consistirà a trobar quantes rodes traccionen segons les suposicions que s'han fet per a cada configuració del motor.

- Nombre de rodes que "traccionen" per cada cas i configuració:

Taula 16: Nombre de rodes capaces de traccionar per a cada cas i solució proposada

	Núm. de rodes que traccionen	
	Motor per vehicle	Motor per mòdul
CAS 1	2	2
CAS 1 (B)	1	1
CAS 2	8	4
CAS 3	4	4

Taula 17: Càlcul dels requeriments per a cada solució proposada

### Càlcul dels requeriments en la configuració d'un **motor per vehicle**:

Taula 18: Valors del parell, velocitat angular i potència a la roda per cada cas

	CAS 1	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
$\omega_r$ [rad/s]	1,85	1,85	27,8	9,26
$\Gamma_c$ [N/m]	2,12	2,12	0,60	1,50
Pm [W]	3,93	3,93	16,7	13,9

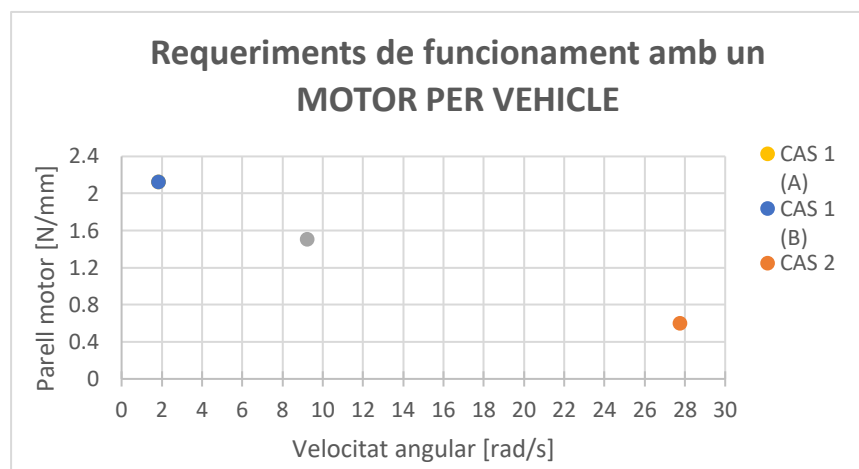


Figura 30: Gràfic parell motor i velocitat angular pel cas d'un motor per vehicle

\* El cas 1 (A) i (B) se superposen al gràfic.

Com es pot veure als gràfics la diferència entre les dues configuracions recau al cas 2, ja que en la configuració d'un motor per vehicle ha d'impulsar les vuit rodes i en la configuració d'un motor per mòdul ha d'impulsar-ne quatre, per tant necessita menys potencia.

A les dues configuracions es pot veure que el segon necessita molta més velocitat que als altres casos, per tant s'utilitzarà la segona marxa de la caixa de canvis amb una relació de transmissió més llarga.

La primera marxa es deixarà pel primer i tercer cas, ja que no es necessita tanta velocitat.

### Càlcul dels requeriments en la configuració d'un **motor per mòdul**:

Taula 19: Valors del parell, velocitat angular i potència a la roda per cada cas

	CAS 1	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
$\omega_r$ [rad/s]	1,85	1,85	27,8	9,26
$\Gamma_c$ [N/m]	2,12	2,12	0,30	1,50
Pm [W]	3,93	3,93	8,33	13,9

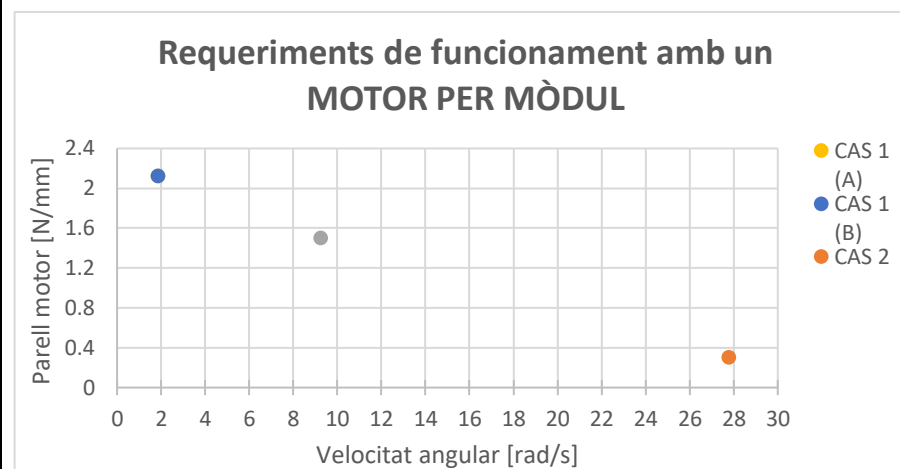


Figura 31: Gràfic parell motor i velocitat angular pel cas d'un motor per mòdul

\* El cas 1 (A) i (B) se superposen al gràfic.



### 6.2.2. Càlcul dels requeriments mínims del motor

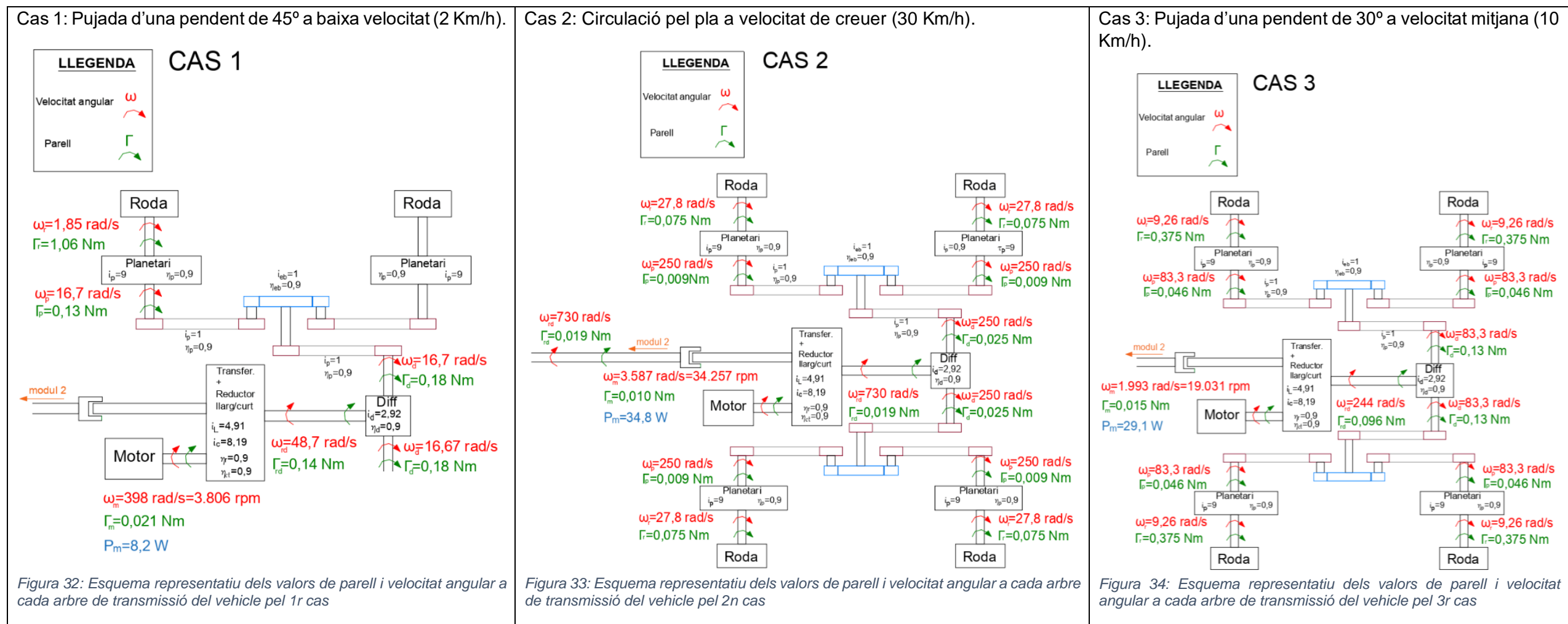
Els càlculs de les especificacions mínimes que ha de tenir el motor s'han realitzat a partir d'una taula de càlcul Excel on s'han introduït totes les dades necessàries dels components de transmissió seleccionats anteriorment.

Els càlculs dels requeriments mínims del motor es faran a partir dels requeriments de funcionament del vehicle donats.

Referent als càlculs s'ha considerat un rendiment del 90% de cada element del sistema motriu. És un cas realment extrem però s'ha d'assegurar el funcionament del vehicle requerit en qualsevol situació.



Taula 20: Representació dels requeriments mínims del motor a cada arbre de transmissió per la solució d'un motor pel vehicle



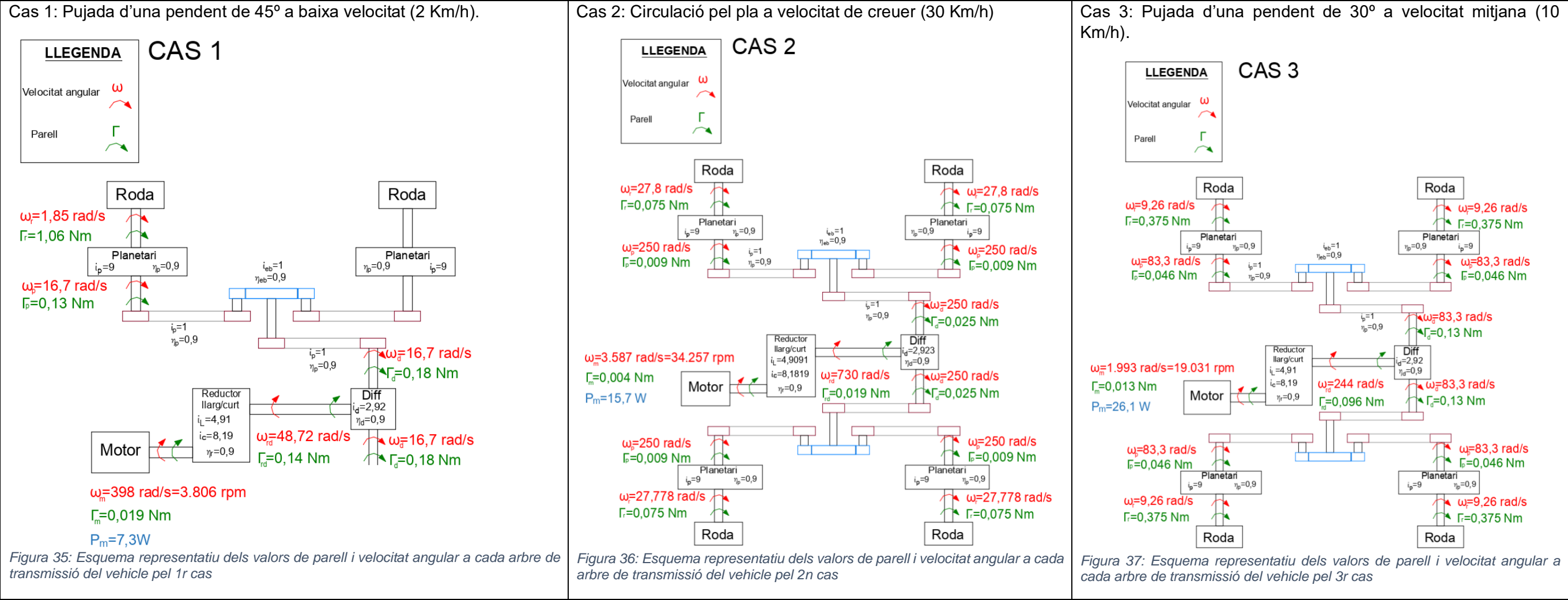
Taula 21: Resultats dels requeriments mínims del motor

Càlcul requeriments mínims del motor	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Velocitat angular $\omega_m$ marxa LLARG(rad/s)	-	-	3.587	-
Parell $\Gamma_m$ marxa LLARGA (Nm)	-	-	0,010	-
Velocitat angular $\omega_m$ marxa CURTA (rad/s)	399	399	-	1.993
Parell $\Gamma_m$ marxa CURTA (Nm)	0,021	0,021	-	0,015
Velocitat angular $\omega_m$ (rpm)	3.806	3.806	34.257	19.032
Potència del motor necessària (W)	8,21	8,21	34,8	29,0
Marxa seleccionada	CURTA	CURTA	LLARGA	CURTA

Les caselles en color groc, són els casos crítics on es necessita els requeriments màxims del motor.

El cas 1 és el que requereix màxim parell motor, en canvi el cas 3 necessita major règim de gir del motor i la màxima potència.

Taula 22: Representació dels requeriments mínims del motor a cada arbre de transmissió per la solució d'un motor per mòdul





### 6.2.3. Cerca i elecció del motor elèctric

Per les dues configuracions, el mateix motor pot complir els requeriments, ja que la velocitat màxima de gir és igual i la diferencia és de 0,002 Nm i de 8,7 W a favor de la configuració d'un motor per vehicle.

Aquesta diferència és petita i no es considerarà un motor amb menys prestacions pel cas d'un motor per mòdul, ja que no s'estaria optimitzant el conjunt i qualsevol motor dels que s'han cercat compleix sobradament amb les especificacions mínimes del cas més desfavorable.

El departament de mecànica de la UdL disposa de motors Maxon però queden descartats des del primer moment, ja que les seves especificacions indiquen que la velocitat de gir màxima és de 6000 rpm, per tant no compleix els requisits. Es necessita una velocitat de gir molt més elevada.

Per trobar motors on s'indiquin les seves característiques tècniques, així com valors de parell motor velocitats de gir i altres aspectes tècnics s'han de buscar marques com Dunkermotoren o Faulhaber.

La marca de motors elèctrics Dunkermotoren no disposen de cap motor al seu catàleg capaç d'arribar a les 34257 rpm que es necessita, per tant es descarta aquesta marca de motors elèctrics.

Taula 24: Característiques del component comercial cercat

<b>Marca Model</b>	Faulhaber 2057
<b>Escala</b>	-
<b>Tipus de motor</b>	Sense escombretes
<b>Potència</b>	-
<b>Voltatge admès</b>	24V
<b>Gir per cada volt admès (KV)</b>	1850 KV
<b>Gir màxim</b>	44300 rpm
<b>Controlador</b>	45A ESC
<b>Parell motor màxim</b>	0,309 Nm
<b>Extres</b>	-
<b>Preu</b>	475€
<b>Pes i dimensions</b>	- / 57 mm llarg 20 mm diàmetre



### Fotografia



La marca Faulhaber disposa d'un motor que encaixa dins de les especificacions requerides, aquesta marca posa a disposició dels clients tota la informació tècnica dels motors com es pot veure a la taula anterior (taula 24).

El problema d'aquesta opció és el preu, que és totalment excessiu. Per aquesta raó es descarta aquesta opció.

Es planteja buscar motors de vehicles a ràdio control, que com s'ha dit anteriorment, aquest prototip tindrà una certa semblança i el resultat de la cerca es reflecteix a aquesta taula:

Taula 25: Característiques dels components comercials cercats

Marca / Model	Racerstar 4068	F540	Titan 21T (Traxxas)	Toro X8 PRO
Escala	1/8	1/10	1/10	1/8
Tipus de motor	Sense escombretes	Sense escombretes	Amb escombretes	Sense escombretes
Potència	2200 W	820 W	-	2600W
Voltatge admès	<21 V	<17 V	14 V	21 V
Gir per cada volt admès (KV)	2050 KV	3300 KV	-	2400 KV
Gir màxim	50000 rpm	50000 rpm	-	50000 rpm
Controlador	120A ESC	45A ESC	-	-
Parell motor màxim	-	-	-	-
Extres	Controlador	Controlador	-	-
Preu	72€	32€	35€	65€
Pes i dimensions	345 gr / 68mm llarg 42mm de diàmetre	- / 50mm llarg 36mm de diàmetre	-/-	358 gr /-
Fotografia				



Cap dels motors que es proposen a aquesta taula especifica les seves característiques de funcionament en detall, pel que se seleccionen els motors pel seu règim de gir màxim.

Tenint en compte les dades dels motors anteriors, per similitud dels tipus de motors i característiques de construcció podem extreure que aquests motors que es proposen podrien complir amb els requeriments especificats.

Es proposa comprar el motor Racestar 4068 perquè és l'opció més equilibrada, és un dels més potents de la taula, és compacte, inclou el controlador i el preu és contingut.

També es proposa el motor Titan que és l'utilitzat al vehicle radio control de referència Traxxas, en definitiva, és un motor econòmic, es pot provar al laboratori i per similituds del projecte amb el Traxxas podria funcionar correctament.



#### 6.2.4. Comparació de les solucions proposades

Es compararan els aspectes principals que afecten el comportament del vehicle com els requisits que necessita el motor, la facilitat de construcció i per últim els pressupostos de cada opció.

Com s'ha comprovat en l'apartat anterior les diferències de les especificacions del motor, són mínimes per a cada cas. Els motors que s'estaven analitzant ja compleixen sobradament per les prestacions que es requereixen, és per això que no serà un factor decisiu, ja que el motor seria el mateix en els dos casos.

La facilitat de construcció serà molt similar en ambdós casos però s'ha de destacar que l'opció d'un motor per vehicle necessitarà comptar amb una unió que permeti la rotació de l'arbre de transmissió que transfereix la potència d'un mòdul cap a l'altre sense que afecti els moviments de rotació vertical i horitzontal entre cada mòdul.

L'opció d'un motor per mòdul dobla el nombre d'elements més pesants, motor i caixa de canvis, farà que sigui més difícil arribar al requeriment d'un pes màxim de 6 kilograms per tot el conjunt del prototip.

No és possible quantificar com seria la dinàmica del vehicle amb una opció i l'altra, ja que el pes es pot distribuir de diverses maneres com per exemple:

- Motor per vehicle: Motor i caixa de canvis en un mòdul i paquet de bateries a l'altre mòdul, es podria arribar a equilibrar el pes de manera bastant exacta en cada mòdul si el pes del paquet de bateries és igual al pes del motor i la caixa de canvis.
- Motor per mòdul: Cada motor, caixa de canvis i paquet de bateries a cada mòdul, el pes es repartiria de la mateixa manera a cada mòdul, ja que els components serien els mateixos i tindrien el mateix pes.

El pressupost final de cada opció es confeccionarà en la taula núm 26 on és tindrà en compte tots els elements necessaris i se sumará l'import.

No es computaran els elements com les unions com eixos de transmissió, ja que encara no es saben les característiques que han de tenir.

Es considerarà el motor més car seleccionat anteriorment.

Taula 26: Pressupost per cada solució

	Motor per vehicle	Motor per mòdul
<b>Motor</b>	72€	144€
<b>Caixa de canvis</b>	50€	100€
<b>Caixa de transferència</b>	Inclusa amb la caixa de canvis	-
<b>Diferencial</b>	14€	14€
<b>Suma total</b>	<b>136€</b>	<b>258€</b>

Com es pot veure a la taula núm.26 l'opció més econòmica és la d'un motor per vehicle.



*Taula 27: Resum d'avantatges i inconvenients de cada solució*

<b>Avantatges d'un motor per vehicle</b>	<b>Avantatges d'un motor per mòdul</b>
Major facilitat per controlar el funcionament del motor	Es necessita menys potència requerida del motor però no és un factor determinant
Opció més econòmica	Més facilitat de muntatge sense elements per transmetre la potència d'un mòdul a l'altre
Conjunt més lleuger	
Millor distribució del pes al vehicle	
Més espai disponible al xassís del vehicle	





### 6.3. Anàlisi dels dissenys del basculant

Es recuperen els requeriments sobre el disseny del basculant anteriorment detallats.

- Cotes que definiran el disseny del basculant:

Taula 28: Figures dels requeriments de disseny del conjunt basculant

Llargada del basculant, i dimensions de referència del bogie: [Cotes en mm]

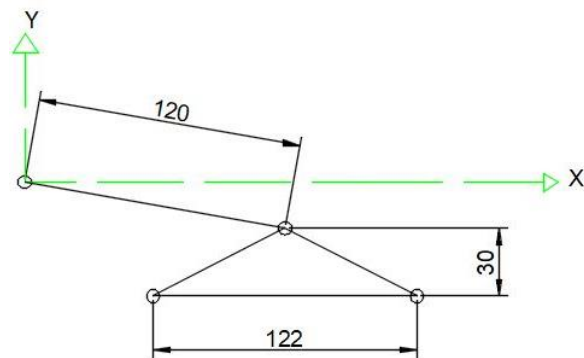


Figura 38: Cotes imposades pel disseny del basculant

Posicions extremes del basculant i del bogie:

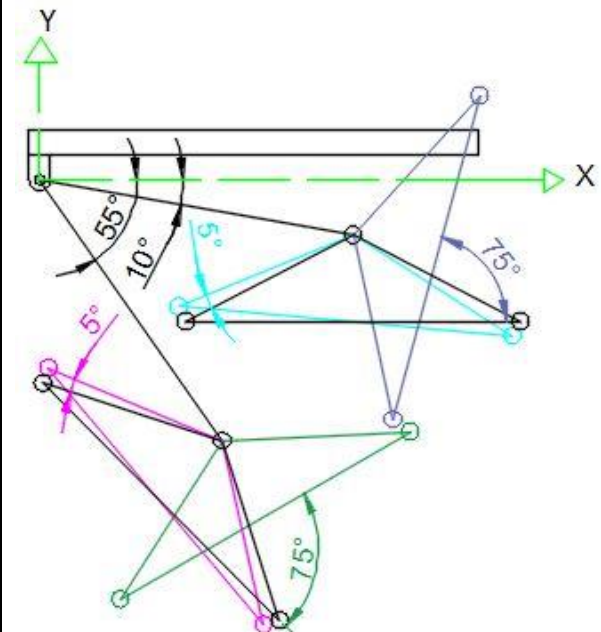


Figura 39: Posicions extremes del conjunt basculant

- Es necessita un disseny compacte:
  - Es buscarà un disseny que tingui unes mesures el més contingudes possible.
  - És un factor decisiu a l'hora de comparar diferents dissenys.
  - Com a màxim l'amplada del basculant serà de 60 mm.

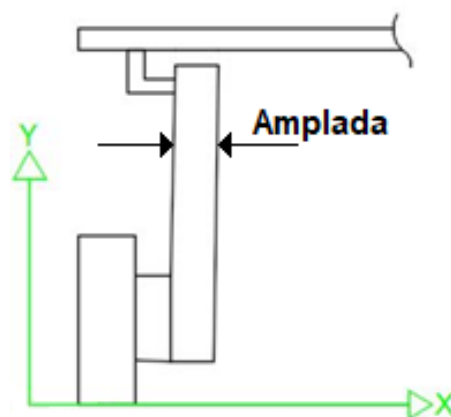


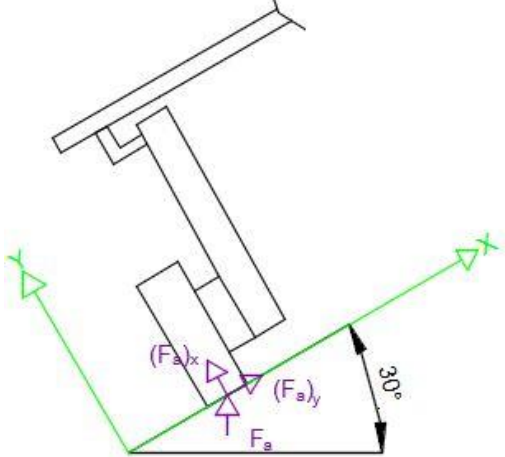
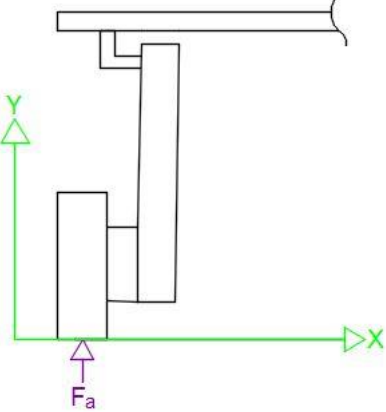
Figura 40: Representació del vehicle al pla XY per mostrar l'amplada del basculant





- El conjunt del basculant ha de ser capaç de suportar les forces produïdes d'un vehicle tot terreny:
  - Es considerarà que un dels quatre conjunts basculant ha de suportar una càrrega de 60 N aplicada al centre de la roda.
  - La inclinació lateral màxima que podrà enfrontar-se el vehicle serà de 30°.

Taula 29: Casos on es tenen condicions i càrregues més elevades

<p>Representació del vehicle a una rampa de 30° d'inclinació lateral:</p>  <p>Figura 41: Cas extrem del vehicle amb una rampa de 30°</p>	<p>Equacions:</p> $F_a = 60 \text{ N}$ $(F_a)_x = 60 * \sin(30) = 30 \text{ N}$ $(F_a)_y = 60 * \cos(30) = 52 \text{ N} ;$ <p>En aquest cas s'obtindrà la força axial màxima</p>
<p>Representació del vehicle en una superfície plana:</p>  <p>Figura 42: Cas on el vehicle es troba en una superfície plana</p>	<p>Equacions:</p> $F_a = 60 \text{ N}$ <p>En aquest cas s'obtindrà la força radial màxima</p>

- Durabilitat dels elements que permeten moviments relatius entre peces:
  - Aquests elements seran els rodaments i casquets de fricció que s'utilitzin al disseny final.



- No es fixarà un interval de manteniment d'aquests elements, ja que es tracta d'un prototipus i es canviaran abans d'arribar a unes poques hores de funcionament.
- El basculant ha de ser capaç d'allotjar el sistema de transmissió al seu interior:
  - El muntatge d'aquest sistema, ha de quedar totalment integrat al basculant, així podrà resistir a tota mena de cops i condicions ambientals exteriors.  
S'agafa la referència del bogie que duu les corretges integrades a dins de la mateixa carcassa i que es munten a través d'una tapa.



Figura 43: Prototip del bogie sense la tapa de corretges per mostrar-les

- El sistema de transmissió constarà de:
  - Dues politges distanciades 120 mm unides mitjançant una corretja dentada.
  - El diàmetre de les politges determinarà les dimensions mínimes del basculant.

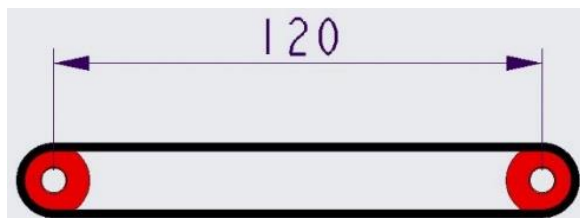


Figura 44: Longitud entre eixos dels elements de transmissió



### 6.3.1. Diferents versions preliminars proposades

Per entendre com s'ha de plantejar el disseny del basculant, s'han començat a fer uns esbossos preliminars.

Es proposen diferents solucions de cada peça del conjunt, així es poden avaluar i decidir quin disseny de cada peça farà el conjunt més òptim.

#### Solucions constructives proposades

##### **Ancoratge del xassís al basculant:**

L'ancoratge entre aquests dos elements és el que més opcions de disseny permet, ja que no es té cap restricció al respecte. S'han plantejat diferents variants de disseny per ser estudiades.

Les diferents opcions s'han nomenat de la següent manera:

- Tipus de muntatge amb dues orelles desmuntables
- Orella fixa cilíndrica
- Muntatge amb un sol rodament

Es detallaran de manera precisa a l'apartat on s'explica cada disseny proposat.

##### **Ancoratge del basculant al bogie:**

La unió entre aquests dos elements no permet gaires opcions de disseny a causa de la mateixa geometria dels elements, és a dir, com que es permetrà un moviment relatiu entre aquests dos elements, el disseny queda limitat per les interferències que es poden produir.

El disseny escollit consisteix a utilitzar un rodament de 4 punts de contacte que sigui capaç de suportar les forces que es produiran al conjunt.

Els rodaments hauran de ser capaços de suportar una certa magnitud de moment de bolcada que no es podrà calcular fins que es tinguin les mesures definitives del muntatge, però és clar que amb aquesta situació plantejada, el rodament candidat és el de boles amb quatre punts de contacte.

S'ha buscat als catàlegs de les marques de referència aquest tipus de rodaments i s'ha pogut comprovar que no es fabriquen per les mesures amb les quals s'estan treballant.

L'elecció del rodament final serà del tipus rígid amb una filera de boles. Aquests rodaments comprats d'una bona qualitat de fabricació seran capaços de suportar els esforços exigits.



Taula 30: Diferències del contacte de les boles en un rodament rígid i un amb quatre punts de contacte

Rodament rígid amb una filera de boles:



Figura 45: Rodament rígid amb una filera de boles

Rodament de boles amb quatre punts de contacte:



Figura 46: Rodament de boles amb quatre punts de contacte

La solució definida per aquest disseny:

- Muntatge amb un sol rodament
  - Variant amb tapa centradora
  - Variant amb brida centradora
  - Variant basculant de dues peces

Es detallaran de manera precisa al següent apartat.

### Disseny del basculant:

Respecte al disseny del basculant, es prioritzarà un disseny senzill de fabricar posteriorment amb la màquina 3D, també es tindrà en compte que s'ha de poder allotjar les corretges a l'interior i per últim es prefereix que sigui un disseny optimitzat per intentar contenir el pes del conjunt el màxim possible.

Recordatori de les posicions extremes que ha de complir el basculant:

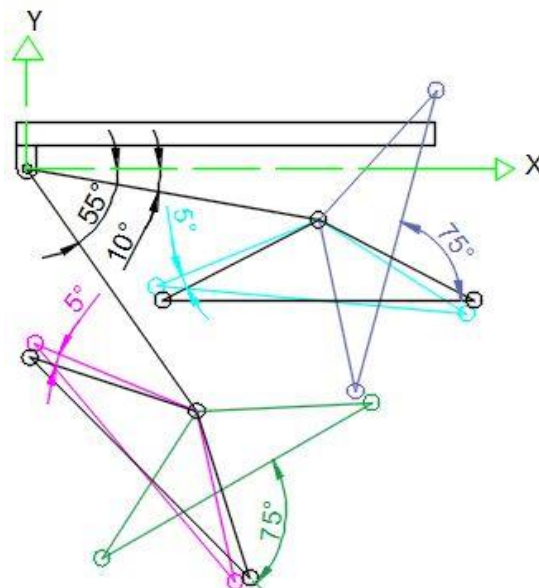


Figura 47: Posicions extremes del conjunt basculant



Dissenys plantejats:

- Corbat amb uns guiatges per la corretja:

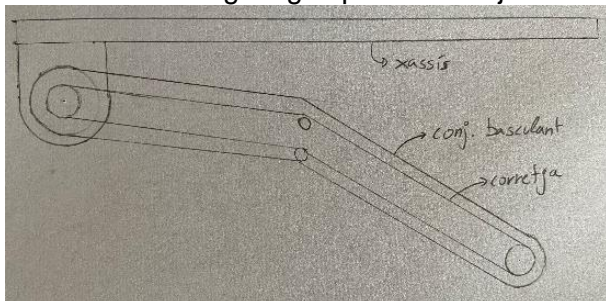


Figura 48: Basculant amb el disseny corbat

Aquest disseny facilita poder aconseguir una major llibertat de les posicions extremes a causa de la curvatura central del basculant.

- Recte:

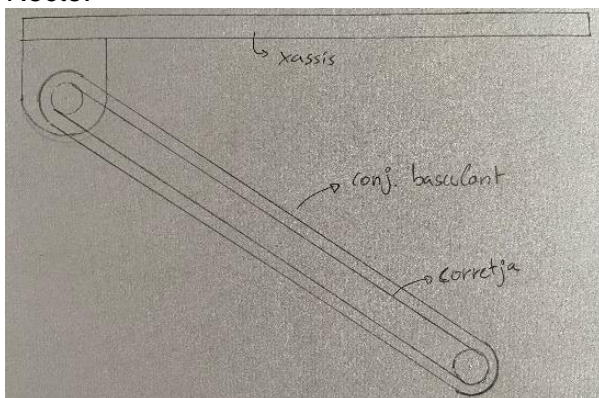


Figura 49: Basculant amb el disseny recte

Aquest disseny és més bàsic però el que resulta més fàcil de fabricar i que és més senzill d'instal·lar el sistema de transmissió, ja que no fa falta cap mena de guia per la corretja.

També serà més resistent, ja que té un disseny homogeni sense cap forma que el pugui fer més dèbil.

Taula 31: Comparativa d'avantatges de cada disseny del basculant

Avantatges disseny recte	Avantatges disseny corbat
Major duració de la corretja i longitud estàndard	Major facilitat d'aconseguir les posicions extremes
Cap punt crític estructural	Tensió prèvia de muntatge de la corretja en cas que se'n requereixi

Es descarta el disseny corbat del basculant perquè no compleix un dels criteris de disseny que s'han establert. S'ha d'intentar fer el disseny més compacte possible.

Si es tenen més punts crítics estructurals, s'haurà d'afegir material, per tant el basculant pesarà més.



Per últim en aquest cas no es necessitaria a priori cap tensió addicional de muntatge i si és necessites seria més senzill implementar-ho al disseny recte.

### Integració de la transmissió:

Com bé s'ha explicat al disseny del basculant la transmissió s'allotjarà a l'interior del basculant per què es té l'opció d'incloure-la just a l'interior o desacoblar-la amb una carcassa pròpia per l'exterior del mateix basculant.

- Acoblada per l'interior del basculant

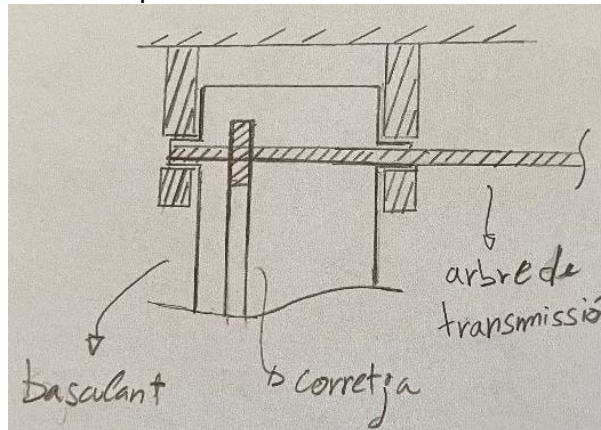


Figura 50: Secció del conjunt basculant amb la transmissió acoblada per l'interior

Tenir la corretja allotjada dins del propi basculant el farà més dèbil, ja que no pot ser massís però podem tenir un basculant més compacte.

- Desacoblada per l'exterior del basculant

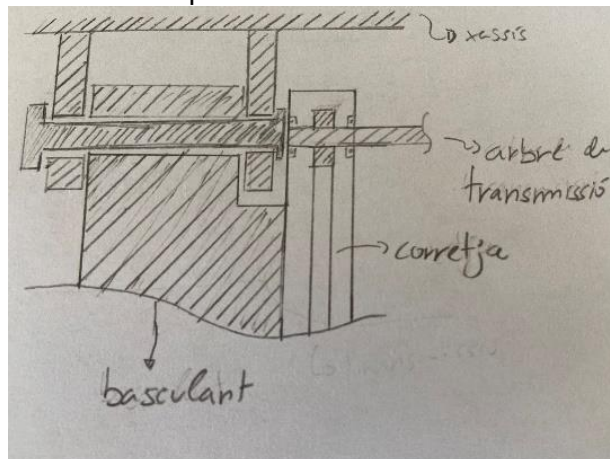


Figura 51: Secció del conjunt basculant amb la transmissió desacoblada

El basculant pot ser massís per tant serà més resistent però més voluminós pel fet de tenir un allotjament addicional per la corretja.

Serà més difícil de fabricar depenent del tipus d'ancoratge amb el xassís.





Taula 32: Comparativa d'avantatges dels diferents mètodes per integrar la transmissió al basculant

Avantatges transmissió acoblada	Avantatges transmissió desacoblada
Menys pes del conjunt	Disseny del basculant més resistent
Disseny més compacte	Poca dificultat de muntatge del conjunt corretja

Es descarta la transmissió desacoblada perquè no aporta cap avantatge significatiu i augmenta les dimensions del conjunt.

### Comparació dels rodaments contra els casquets de fricció:



Per les articulacions que tenim a la unió del xassís-basculant i basculant-bogie es poden utilitzar rodaments o coixinets.

Analitzarem quina és la millor opció a partir dels seus avantatges i els necessitats que tindrem a les dues articulacions del basculant.

Taula 33: Comparativa d'avantatges dels rodaments i dels casquets de fricció

Avantatges rodaments	Avantatges casquets de fricció
Gir amb menys fricció amb càrregues elevades	Lleugeresa
No es necessita gaire espai axial	No es necessita gaire espai radial
Component amb poc desgast	Instal·lació senzilla
Menys esforç d'arrancada	Molt econòmics
Possibilitat de combinar càrregues axials i radials	Suporten millor les sobrecàrregues i els impactes

Taula 34: Exemple d'un rodament segellat i d'un casquet de fricció

Exemple rodament	Exemple casquet de fricció
 <i>Figura 52: Rodament segellat</i>	 <i>Figura 53: Casquet de fricció amb valona</i>

L'articulació entre el xassís-basculant tindrà la funció d'apropar o allunyar el xassís del terra per adaptar-se als diferents terrenys on se circuli. S'entén que no s'estarà ajustant de manera continuada, sinó que puntualment.

Per la raó anterior es pot concloure que per la unió xassís-basculant s'adaptarà millor un casquet de fricció.

L'articulació basculant-bogie té la funció d'adaptar el bogie a la inclinació del terreny.



Com que el terreny mai serà pla i el bogie s'haurà d'adaptar al terreny, aquesta articulació necessitarà una bona capacitat de gir, sense produir forces de fricció i amb un baix parell d'arrancada.

Per les raons anteriors es pot concloure que per la unió basculant-bogie s'adaptarà millor un rodament.



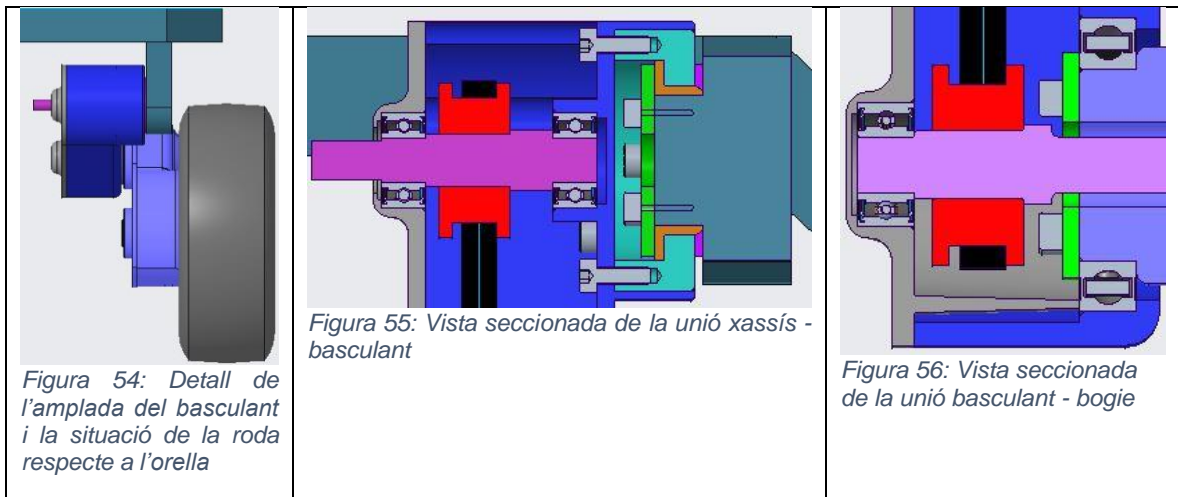


## 6.4. Dissenys de detall del basculant

Es mostraran els dissenys modelats amb CAD 3D en la seva versió aproximada a la final per poder comparar-les i extreure conclusions sobre quina es pot adaptar millor al disseny final que es muntarà al vehicle.

### 6.4.1. Opció A

Taula 35: Representació del disseny proposat per l'opció A



Aquesta versió del conjunt basculant utilitza un tipus d'unió semblant entre el xassís-basculant i el basculant-bogie, és a dir, es recolza tot el conjunt del basculant directament sobre el casquet de fricció que a la vegada es recolza sobre l'orella del xassís en voladís.

La particularitat d'aquest disseny és que l'acoblador del xassís (peça turquesa) s'ha de muntar al casquet de fricció abans que aquest es munti a l'orella del basculant.

La volandera de color magenta es col·loca com a element de fricció entre l'acoblador i el xassís i es tinguin problemes de desgast a causa del gir a l'orella del xassís.

Tant aquest disseny com el següent utilitzen la versió de la unió del basculant-bogie anomenada tapa centradora.

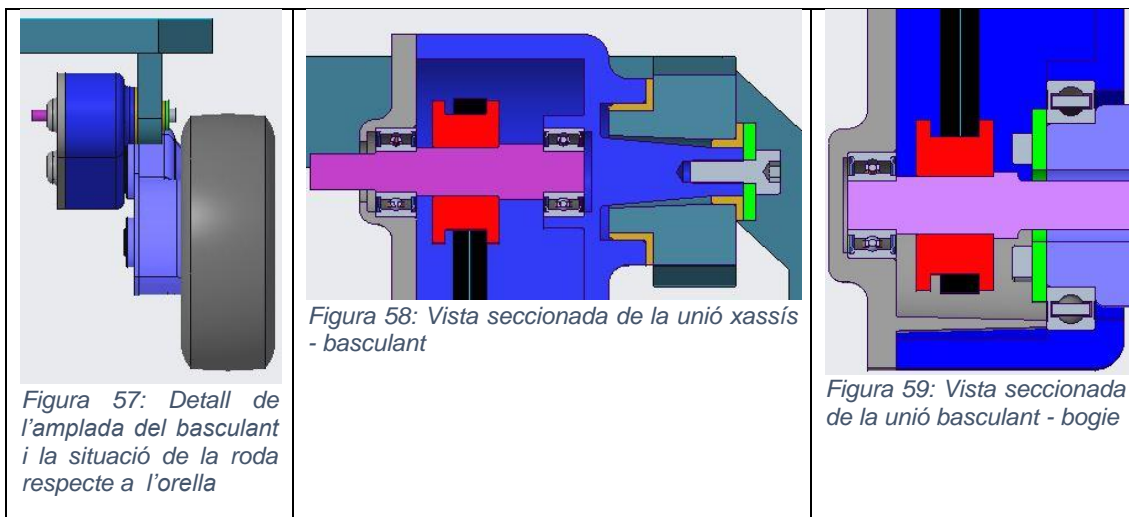
Taula 36: Comparació d'avantatges i inconvenients de l'alternativa de disseny A

Avantatges	Desavantatges
Orella del xassís poc voluminosa	Certa fricció de la volandera (Color magenta) amb el xassís
Conjunt basculant més compacte que els altres dissenys	Es necessitaran unes toleràncies de fabricació més acurades per obtenir un muntatge sense moviments no desitjats



#### 6.4.2. Opció B

Taula 37: Representació del disseny proposat per l'opció B



Per aquesta versió del conjunt s'ha volgut ancorar el basculant directament al xassís mitjançant un casquet de fricció, així s'aconsegueix una unió sòlida que no cedirà a causa del moment flector que es pugui produir.

És un disseny senzill de muntar, amb poques peces si es compara amb els altres dissenys i no necessita una orella molt voluminosa.

Aquest disseny utilitza la versió de la unió del basculant-bogie anomenada tapa centradora.

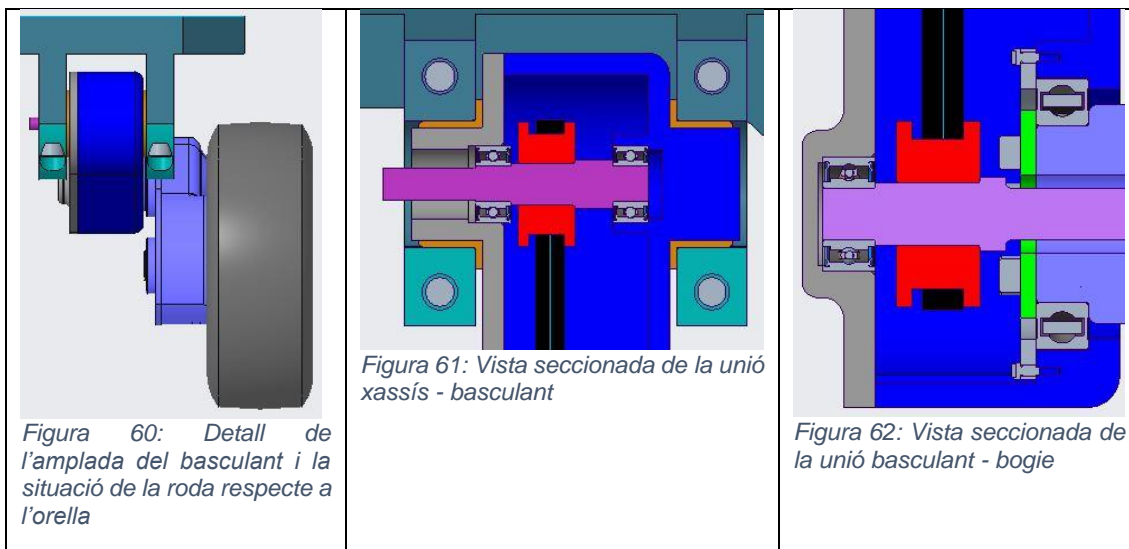
Taula 38: Comparació d'avantatges i inconvenients de l'alternativa de disseny B

Avantatges	Desavantatges
No es creen punts de tensió a l'eix del basculant	Difícil de fabricar amb la impressora 3D
Permet un disseny de l'orella compacte	Dificultat per centrar els elements circulars de la unió xassís – basculant



### 6.4.3. Opció C

Taula 39: Representació del disseny proposat per l'opció C



Aquest disseny utilitza un tipus d'ancoratge més resistent que totes les altres alternatives, ja que uneix el basculant al xassís per dos punts, mitjançant casquets de fricció.

S'ha utilitzat un sistema d'orelles desmuntables unides amb caragols al xassís per poder muntar el conjunt.

La unió de l'ancoratge inferior (basculant-bogie) s'ha canviat respecte als altres dissenys, el rodament se centrarà mitjançant una brida acollada amb caragols al basculant.

L'inconvenient d'aquesta solució és que s'ha de sobredimensionar el basculant, per tant el conjunt és més voluminós.

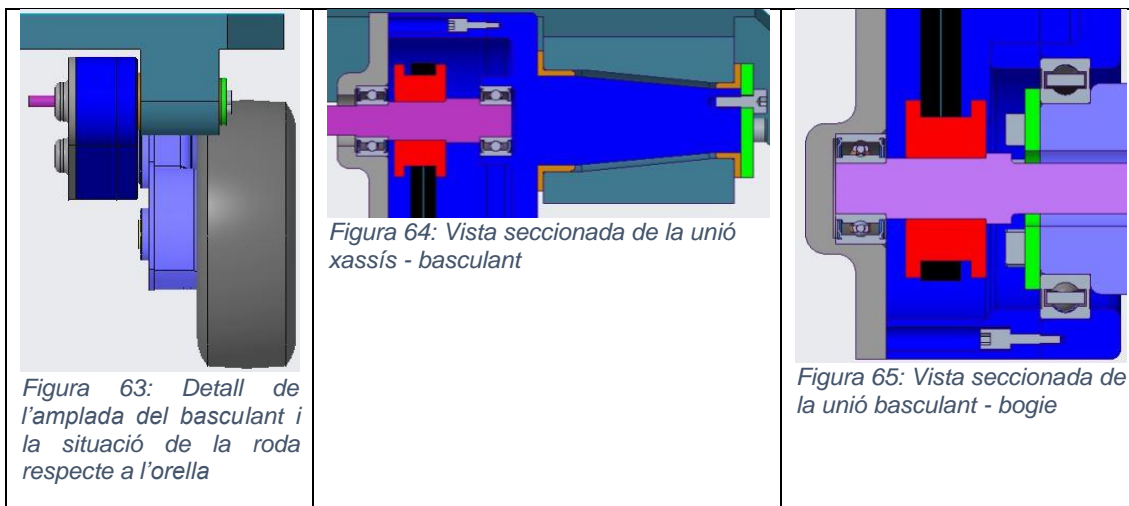
Taula 40: Comparació d'avantatges i inconvenients de l'alternativa de disseny C

Avantatges	Desavantatges
Ancoratge al xassís mitjançant per dos punts de suport	La fabricació de l'ancoratge superior ha de ser molt precisa perquè quedin unes toleràncies adequades i el conjunt no quedi desajustat
Versió amb una unió al xassís més resistent que les altres	Les orelles ocupen més espai al xassís
Fàcil muntatge del conjunt amb dues orelles desmuntables	Les dues orelles ocupen més espai al xassís



#### 6.4.4. Opció D

Taula 41: Representació del disseny proposat per l'opció D



Aquesta versió pot ser semblant a la versió B perquè també utilitza un eix per limitar el moviment transversal del basculant, la diferència és que aquest disseny utilitza aquest eix per suportar tot el conjunt.

Com l'altra solució l'eix s'ancora al xassís mitjançant uns casquets de fricció.

L'orella del disseny és més voluminosa que als altres dissenys.

El basculant està format per dues peces de manera que centrarà el rodament quan es munti.

Les dues peces que formen el basculant s'uneixen amb caragols i el conjunt conserva les mateixes dimensions que les alternatives de disseny anteriors.

Taula 42: Comparació d'avantatges i inconvenients de l'alternativa de disseny D

Avantatges	Desavantatges
Muntatge molt senzill	L'eix del basculant es recolza sobre l'orella del xassís
La roda queda més centrada amb l'ancoratge del xassís que els altres casos	Orella del xassís voluminosa
Ajust del rodament precís	Eix del basculant voluminós



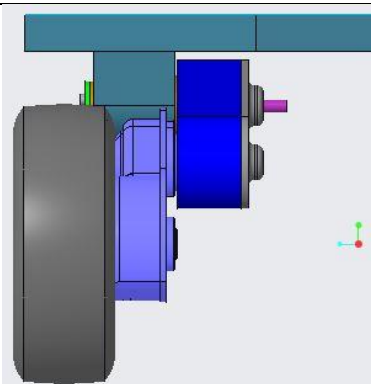
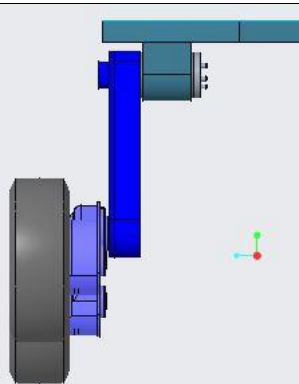
### *Inconvenient generalitzat d'aquests dissenys:*

S'ha volgut dissenyar el basculant de manera que el punt de contacte de les rodes amb el terra quedi tan alineat el com es pugui amb el punt mitjà de l'ancoratge del basculant amb el xassís.

La raó principal és per voler evitar sobreesforços a les orelles del xassís, a causa del moment de bolcada.

L'inconvenient que comporta aquest tipus de disseny és que a l'hora de muntar tot el conjunt serà difícil col·locar els paliers que uniran el sistema de transmissió del basculant amb el diferencial.

*Taula 43: Diferents muntatges del basculant al xassís*

 <p><i>Figura 66: Muntatge que permet tenir menys esforços a causa del moment de bolcada</i></p>	 <p><i>Figura 67: Muntatge que té més esforços a causa del moment de bolcada</i></p>
Muntatge vàlid	Muntatge no vàlid

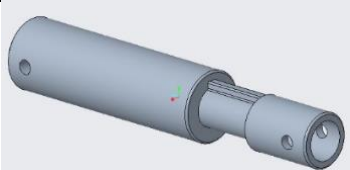
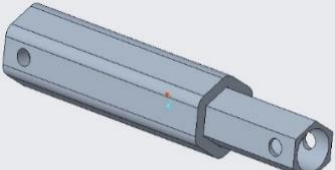
La solució que s'ha aplicat consisteix a dissenyar uns arbres de transmissió que puguin variar la seva longitud i que es puguin construir amb una màquina 3D.

S'han fet dues propostes de disseny, una amb forma rodona incloent una xaveta i l'altra amb forma hexagonal.

Els ancoratges amb els paliers del basculant i del diferencial es faran mitjançant un boló però com no n'hi ha de mides tan petites es ficarà un caragol amb una femella autoblocada.

### **Representació dels dissenys:**

*Taula 44: Alternatives de dissenys dels arbres de transmissió telescòpics*

 <p><i>Figura 68: Arbre de transmissió telescòpic amb forma circular</i></p>	 <p><i>Figura 69: Arbre de transmissió telescòpic amb forma hexagonal</i></p>
---	---



## 7. Resultats

### 7.1. Elecció del disseny final del basculant

En aquest apartat es procedirà a comparar els dissenys detallats anteriorment per poder concloure el disseny final.

Es descarta el disseny A perquè a l'hora de muntar-lo podria ser que hi hagués un cert joc oscil·lant per culpa del moment de bolcada que han de suportar l'articulació entre el xassís i el basculant.

El següent disseny a descartar serà el B per la simple raó que és molt semblant al D però més difícil de fabricar i no aporta cap avantatge significatiu.

Els dos dissenys anteriors utilitzaven la solució de centrat del rodament de la unió basculant-bogie, anomenada tapa centradora que es descarta totalment a favor de les dues opcions proposades al disseny C i D.

Els dissenys finalistes seran el C i el D, es comparen els seus avantatges a la següent taula:

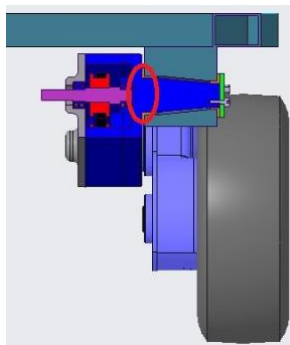
*Taula 45: Avantatges de cada disseny finalista*

Avantatges disseny C	Avantatges disseny D
Ancoratge al xassís fàcilment desmuntable mitjançant dues orelles desmuntables	Basculant menys voluminós degut al disseny del basculant utilitzant tres peces
Ancoratge al xassís més rígid amb dues orelles	Permet un desmuntatge ràpid de la tapa per accedir a l'allotjament de la corretja
Basculant no desmuntable per la meitat que impedirà que pugui entrar brutícia a dins	
Major senzillesa de fabricació del basculant	

Com es pot veure a la taula comparativa anterior (taula 45), l'alternativa que té més avantatges és la C.

Es descarta l'alternativa de disseny D per les següents raons:

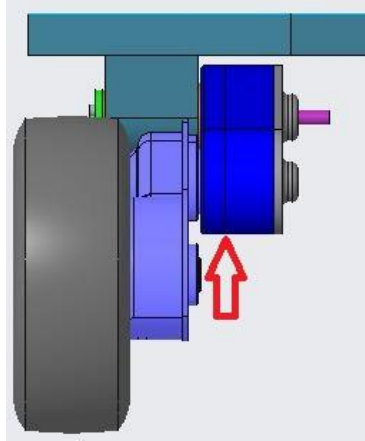
- L'eix del xassís pot presentar punts de concentració de tensions, es poden tenir problemes amb la seva resistència.



*Figura 70: Mostra dels punts febles estructurals del disseny D*



- El basculant ha de ser fabricat amb moltíssima precisió, ja que hi ha el perill que les dues cares no estiguin prou segellades i pugui entrar brutícia malmetent el funcionament del rodament allotjat a l'interior.



*Figura 71: Mostra de les juntes de la carcassa del basculant del disseny D*





Figures del disseny que s'ha escollit a falta de dimensionar, optimitzar i acabar els dissenys de detall:

Taula 46: Figures del disseny escollit

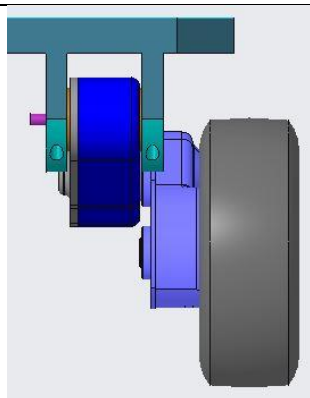


Figura 72: Vista frontal del disseny

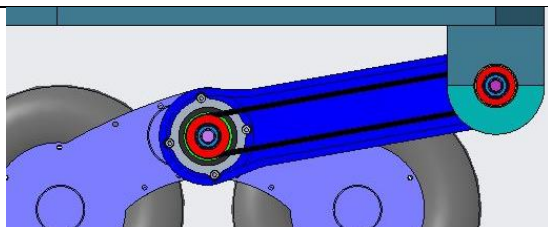


Figura 73: Vista lateral del disseny amb el detall de la transmissió interior

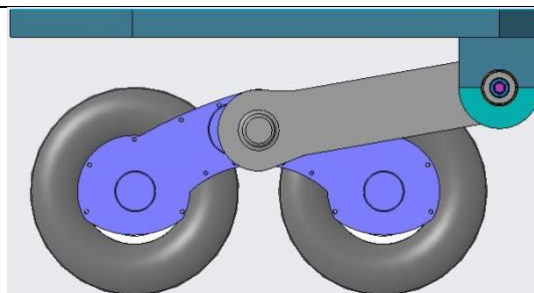


Figura 74: Vista lateral del disseny

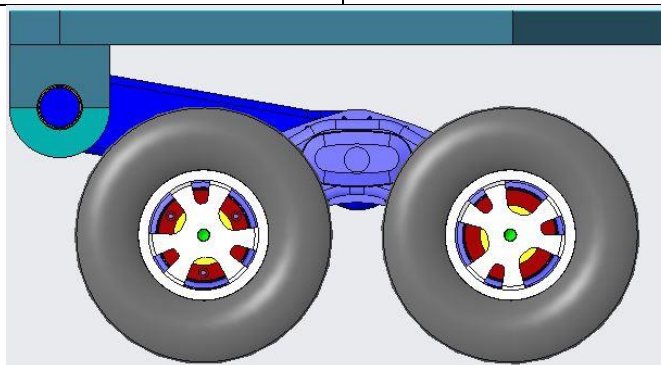


Figura 75: Vista lateral del disseny





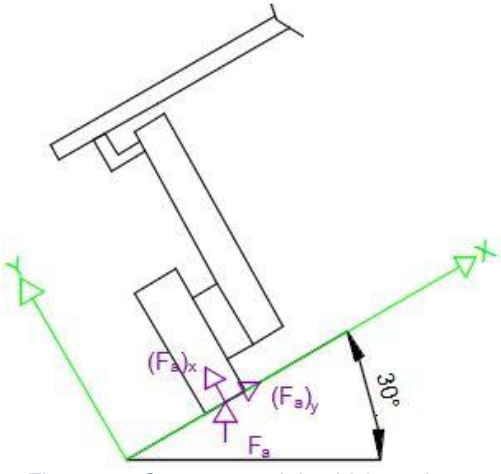
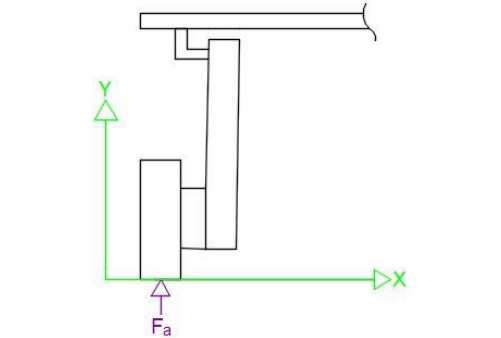
## 7.2. Dimensionament dels elements del conjunt basculant

Recordatori dels requeriments per poder resoldre aquest apartat:

El conjunt del basculant ha de ser capaç de suportar les forces produïdes d'un vehicle tot terreny:

- Es considerarà que un dels quatre conjunts basculant ha de suportar una càrrega de 60 N aplicada al centre de la roda.
- La inclinació lateral màxima que podrà enfrontar-se el vehicle serà de 30°.

Taula 47: Representació de les forces aplicades al vehicle en diferents situacions

<p>Representació del vehicle a una rampa de 30° d'inclinació lateral:</p>  <p><i>Figura 76: Cas extrem del vehicle amb una rampa de 30°</i></p>	<p>Equacions:</p> $F_a = 60 \text{ N}$ $(F_a)_x = 60 * \sin(30) = 30 \text{ N}$ $(F_a)_y = 60 * \cos(30) = 52 \text{ N} ;$
<p>Representació del vehicle en una superfície plana:</p>  <p><i>Figura 77: Cas on el vehicle es troba en una superfície plana</i></p>	<p>Equacions:</p> $F_a = 60 \text{ N}$

Durabilitat dels elements que permeten moviments relatius entre peces:

- Aquests elements seran els rodaments i casquets de fricció que s'utilitzin al disseny final.



- No es fixarà un interval de manteniment d'aquests elements, ja que es tracta d'un prototipus i es canviaran abans d'arribar a unes poques hores de funcionament.

### 7.2.1. Corretja

El dimensionament de la corretja té especial importància, ja que incidirà directament a les proporcions i característiques de disseny del basculant.

Es proposa la corretja i politges utilitzades pel bogie, ja que principalment els esforços que rebrà seran molt semblants, per tant els hauria de suportar correctament.

També es tracta d'utilitzar els mateixos components per minimitzar el preu i tenir una major senzillesa de recanvis del vehicle.

Tant la corretja com la politja són elements comercials.

Taula 48: Característiques del muntatge del sistema de transmissió interior del basculant

Característiques del muntatge	
Relació de transmissió	1
Distància entre eixos (mm)	120

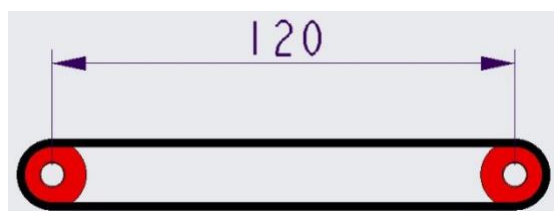


Figura 78: Distància entre eixos de les politges

Característiques de la politja	
Pas politja	2,5
Diàmetre politja (mm)	14,32
Radi politja (mm) [ $r_p$ ]	7,16
Nombre de dents politges (Z)	18
Ample màxim admès per la corretja (mm)	5

\*Altres cotes de la politja es mecanitzaran, com per exemple el diàmetre interior per posar-hi les cotes adequades.

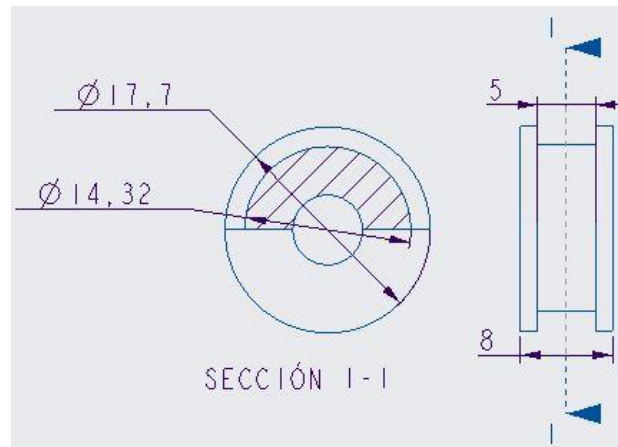


Figura 79: Dimensions de la politja

Característiques de la corretja	
Longitud (mm)	285
Pas	2,5
Número de dents	114

Equació per calcular la longitud de la corretja:

$$\text{Long. corretja} = 2 * \text{Dist. entre eixos} + 2 * \text{Dents en contacte amb la politja} * \text{Pas}$$

El primer pas per dimensionar la corretja serà cercar les dades tècniques facilitades pel fabricant on indicarà les tensions màximes que suporta la corretja i la manera de dimensionar-la.

Taula 49: Explicació sobre com calcular l'amplada de la corretja

Ens faciliten la següent fórmula: $b = \frac{F_U}{z_e * F_{Uspez}}$	On: $b$ és l'amplada mínima requerida de la corretja $F_U$ és la força aplicada a la corretja $z_e$ és el nombre de dents de la politja en contacte amb la corretja $F_{Uspez}$ és la força per cada dent que engrana per unitat d'amplada en centímetres que suporta la corretja en funció de la velocitat angular
--	---

Com que es tenen diferents valors per a cada cas d'un motor per vehicle o un motor per mòdul s'estudiarà per cada proposta i se seleccionarà el cas més desfavorable.

Més informació del dimensionament de la politja i la corretja, així com valors específics i característiques a l'annex.



Taula 50: Dades del sistema de transmissió del cas on es proposa un motor per vehicle

Dades del sistema de transmissió anteriorment calculades (1 motor)				
	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Parell motor $\Gamma_d$ (Nm)	0,18	0,36	0,05	0,13
Velocitat angular $\omega_d$ (rad/s)	16,7	16,7	250	83,3
Velocitat angular $\omega_d$ (rpm)	159	159	2.387	795
Potència $P_d$ (W)	3,0	6,0	12,5	10,4

Taula 51: Dades del sistema de transmissió del cas on es proposa un motor per mòdul

Dades del sistema de transmissió anteriorment calculades (2 motors)				
	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Parell motor $\Gamma_d$ (Nm)	0,18	0,36	0,03	0,13
Velocitat angular $\omega_d$ (rad/s)	16,7	16,7	250	83,3
Velocitat angular $\omega_d$ (rpm)	159	159	2.387	795
Potència $P_d$ (W)	3,0	6,0	6,3	10,4

Taula de dades on s'agafen els valors de  $F_{Uspez}$  en funció de les velocitats angulars (tabulació donada pel fabricant a l'annex) :

Taula 52: Dades del fabricant de la corretja extrapolades al cas més desfavorable

Dades tècniques del fabricant de la corretja extrapolades a la velocitat angular				
	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Parell motor $\Gamma_d$ (Nm)	0,18	0,36	0,05	0,13
Velocitat angular $\omega_d$ (rpm)	159	159	2.387	795
Resistència a la tracció experimentada a la corretja (N)	25	50	7	17
Força $F_{Uspez}$ (N/cm)	7,6	7,6	4,7	6,0
Resistència a la tracció màxima suportada per la corretja de 4 mm (N)	39			
Resistència a la tracció màxima suportada per la corretja de 6 mm (N)	65			

\*Aquestes dades seran les mateixes pels dos casos, ja que s'ha escollit el més desfavorable.

Taula 53: Càlculs del dimensionament de la corretja

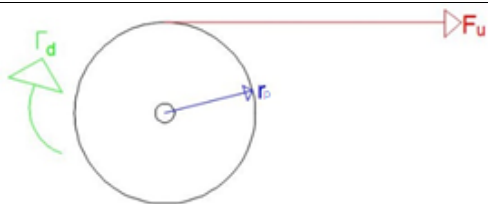


Figura 80: Esquema de forces a la politja

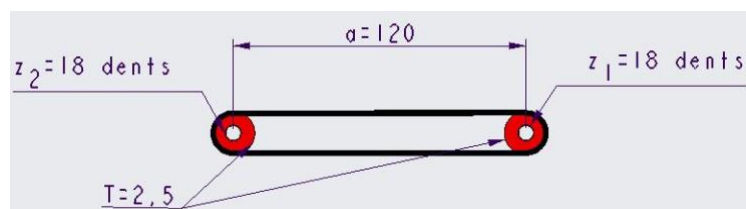


Figura 81: Dades del sistema de transmissió interior del basculant

$$F_u = \frac{\Gamma_d}{r_p} ; \text{ on } r_p \text{ és } 14,32 \text{ mm i es coneix el parell a cada cas.}$$

$$z_e = \frac{z_1}{180} * \arccos\left(\frac{T * (z_1 - z_2)}{2\pi * a}\right) = \frac{18}{180} * \arccos\left(\frac{2,5 * (18 - 18)}{2\pi * 120}\right) = 9$$

$$b = \frac{F_u}{z_e * F_{Uspez}} ; \text{ Amplada de la corretja mínima requerida [b] (mm)}$$

Taules de resultats executant els càlculs anteriors per a cada cas: (El cas 1 (B) es descarta)

Taula 54: Resultats del dimensionament de la corretja pel cas d'un motor per vehicle

Càlculs i dimensionament de la corretja (1 motor per vehicle)				
	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Parell motor $\Gamma_d$ (Nm)	0,18	0,36	0,05	0,13
Força produïda a la corretja a causa del parell motor $[F_u]$ (N)	25	50	7	17
Dents engranats simultàniament per la corretja $[z_e]$	9			
Amplada de la corretja mínima requerida $[b]$ (mm)	3,7	7,3	1,6	3,2

Taula 55: Resultats del dimensionament de la corretja pel cas d'un motor per mòdul

Càlculs i dimensionament de la corretja (1 motor per mòdul)				
	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Parell motor $\Gamma_d$ (Nm)	0,18	0,36	0,03	0,13
Força produïda a la corretja a causa del parell motor $[F_u]$ (N)	25	50	3	17
Dents engranats simultàniament per la corretja $[z_e]$	9			
Amplada de la corretja mínima requerida $[b]$ (mm)	3,7	7,3	0,8	3,2



#### Comentaris dels resultats:

- Es pot observar que els resultats de les dues opcions són iguals, el canvi més significatiu succeeix al cas (2) però sense convertir-se amb el més desfavorable.
- La corretja de 4 mm d'amplada suporta els casos d'obligat compliment amb un factor de seguretat 1,08 respecte al cas més desfavorable.
- La corretja de 6 mm compleix amb els casos d'obligat compliment però no és compatible amb la politja seleccionada, ja que no admet tanta amplada.
- Cap de les dues opcions pot arribar a suportar les forces del cas (1B), però tampoc és d'obligat compliment.
- El dimensionament del sistema de transmissió del bogie tampoc serà capaç d'arribar a suportar el cas 1 (B).

Com s'ha vist als resultats es necessitarà una corretja de com a mínim 3,7 mm d'amplada, se sap que els amples comercials són de 4 mm i 6 mm d'amplada. La corretja de 6 mm no és apta per la politja seleccionada, per tant s'opta per utilitzar una politja de 4 mm d'amplada i 285 mm de longitud com s'ha calculat anteriorment.

Les dimensions de la corretja són comercials per poder-se materialitzar el prototipus.

La politja originalment comprada té unes dimensions diferents però es mecanitzarà per obtenir les mesures requerides.

Per últim es vol remarcar que s'haurà de limitar el parell màxim que pot entregar el motor per a no sobrepassar els límits de la corretja.



### 7.2.2. Arbres de transmissió

El basculant té dos arbres de transmissió, un transmet el parell del diferencial a la politja d'entrada del basculant i l'altre de la politja de sortida a la roda dentada d'entrada al bogie.

Els arbres de transmissió es fabricaran mitjançant mecanització d'alumini, amb una tensió màxima admissible d'entre 160 a 250 MPa.

Com en altres parts del projecte se segueix escollint els materials que es va escollir en el projecte previ del bogie, ja que així es pot estalviar temps i diners quan s'hagin de fabricar altre prototipus o parts del vehicle.

#### *Arbre de transmissió d'entrada al basculant*

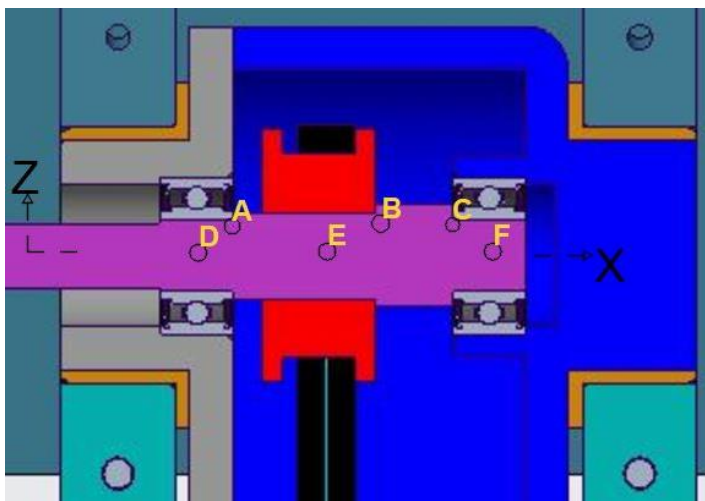


Figura 82: Vista de l'arbre d'entrada al basculant des de el pla Z-X on s'indiquen els punts a estudiar

- **Característiques dels rodaments de l'arbre de transmissió:**

Taula 56: Característiques tècniques dels rodaments de l'arbre de transmissió

<b>Tipus</b>	Segellat
<b>Dimensions</b>	5x11x5
<b>Quantitat</b>	2
<b>Marca</b>	INA
<b>Referència</b>	685-2z
<b>Capacitat càrrega dinàmica, radial (<math>C_r</math>)</b>	760 N
<b>Capacitat càrrega estàtica, radial (<math>C_{0r}</math>)</b>	280 N
<b>Càrrega límit de fatiga (<math>C_{ur}</math>)</b>	7,5 N
<b>Velocitat límit</b>	71.000 1/min





- **Dades del sistema de la transmissió a l'arbre del basculant:**

S'escull la configuració d'un motor per vehicle, ja que es la més desfavorable.

El cas 1 (B) no es d'obligat compliment com es remarca als requeriments del projecte.

*Taula 57: Dades del sistema de transmissió a l'arbre a estudiar*

Dades del sistema de transmissió anteriorment calculades (1 motor)				
	CAS 1 (A)	CAS 1 (B)	CAS 2	CAS 3
Parell motor $\Gamma_d$ (Nm)	0,18	0,36	0,05	0,13
Velocitat angular $\omega_d$ (rad/s)	16,7	16,7	250	83,3
Velocitat angular $\omega_d$ (rpm)	159	159	2.387	795
Potència $P_d$ (W)	3,0	6,0	12,5	10,4

Es dimensionarà a partir de les dades del cas 1 (A), ja que és el més desfavorable pels components.

- **Dades del material de l'eix:**

*Taula 58: Característiques del material en què es construirà l'arbre*

<b>Material</b>	Alumini mecanitzat
<b>Límit elàstic</b>	160-250 MPa

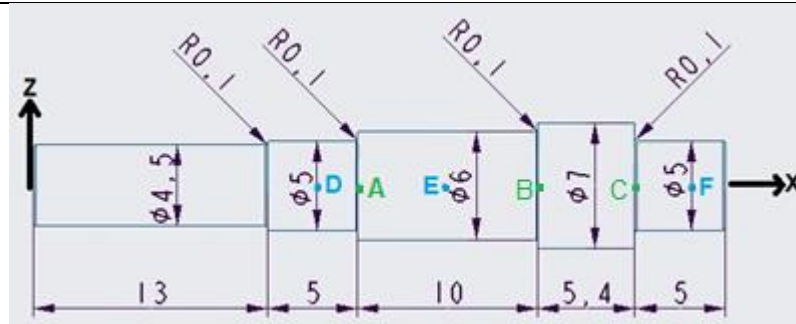


Figura 83: Dades de construcció de l'arbre de transmissió vist des de el pla Z-X

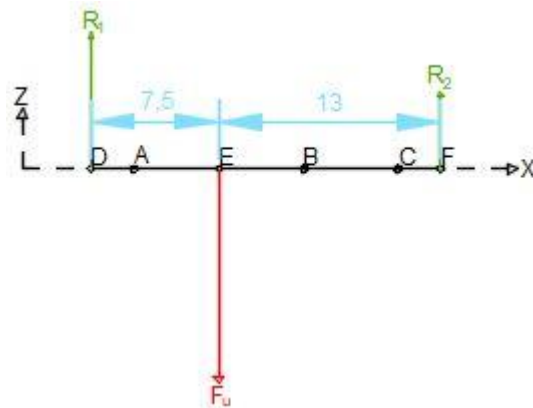


Figura 84: Diagrama de forces al llarg de l'arbre al pla Z-X

Criteri pel estudi de les reaccions: Moment antihorari, positiu.

• **Estudi de les càrregues:**

$$F_u = \frac{\Gamma d}{r_p} = \frac{0,18 \text{ Nm}}{7,16 \times 10^{-3} \text{ m}} = 25 \text{ N}$$

$$\sum (M)_D = F_u * 7,5 - R_2 * 16 = 0$$

$$R_2 = 9,2 \text{ N}$$

$$\sum F_Z = F_u - R_1 - R_2 = 0$$

$$R_1 = 16 \text{ N}$$

• **Dimensionament de l'arbre al punt A:**

$$(M_f)_A = 16 \text{ N} * 2,5 \text{ mm} = 40 \text{ Nmm}$$

$$\sigma_{f(A)max} = \frac{(M_f)_A}{0,1 * d^3} = \frac{40 \text{ Nmm}}{0,1 * 5 \text{ mm}^3} = 3,2 \text{ MPa}$$

$$(M_T)_A = 180 \text{ Nmm}$$

$$\tau_{T(A)max} = \frac{(M_t)_A}{0,2 * d^3} = \frac{180 \text{ Nmm}}{0,2 * 5 \text{ mm}^3} = 7,2 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{3,2^2 + 3 * 7,2^2} = 13 \text{ MPa}$$

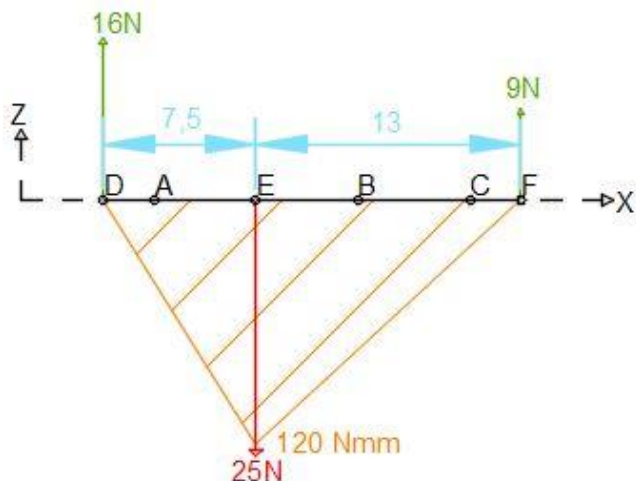


Figura 85: Diagrama d'esforços flectors al llarg de l'arbre

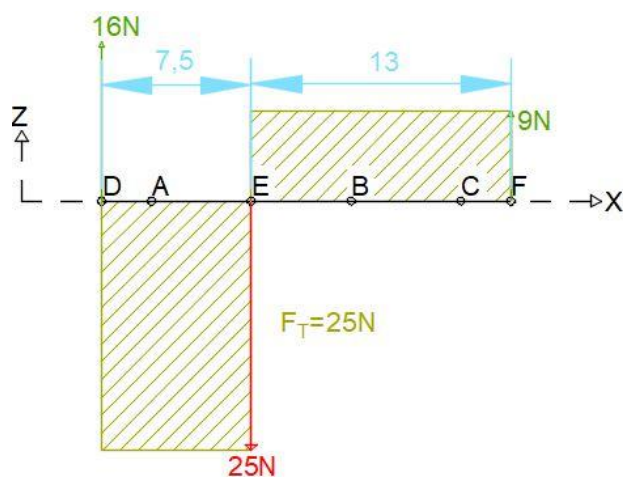


Figura 86: Diagrama d'esforços tallants al llarg de l'arbre

Com que és un punt on hi ha un canvi de secció brusc, on es passa de 6 mil·límetres de diàmetre a 5 mil·límetres.

Es farà un càlcul corrector degut al canvi de secció.

$$\sigma_{fmax} = \alpha_{kb} * \frac{M'}{W'}$$

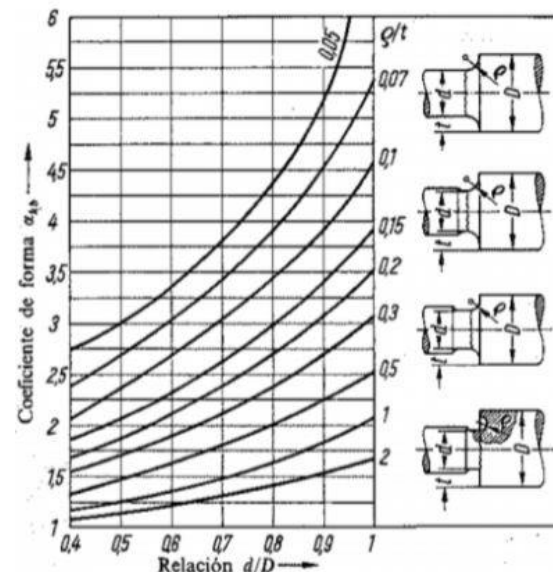


Figura 88: Gràfic del coeficient de forma enfront la relació de diàmetres de l'eix

Es troba el coeficient  $\alpha_{kb}$  a partir de la figura 88.

Determinació dels valors requerits:

- $Q = 0,1 \text{ mm}$
- $t = 0,5 \text{ mm}$
- $d = 5 \text{ mm}$
- $D = 6 \text{ mm}$

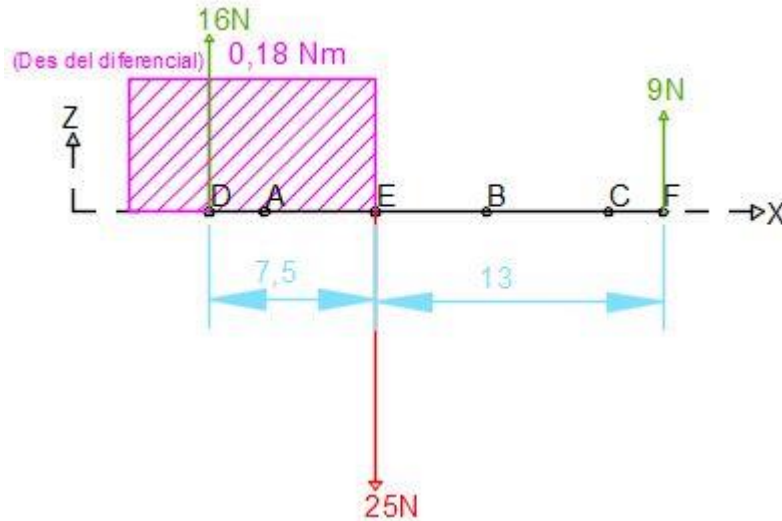


Figura 87: Diagrama d'esforços torçors al llarg de l'arbre

\*Referència del muntatge, figura 82.

Calculant obtenim  $Q/t = 0,2$  i  $d/D = 0,84$ . S'obté  $\alpha_{kb} \approx 2,9$

$$\sigma_{f(A)max} = \alpha_{kb} * \frac{M_A'}{W_A'} = 2,9 * \frac{40 \text{ Nmm}}{0,1 * 5 \text{ mm}^3} = 9,3 \text{ Mpa}$$

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\sigma^2 + 3 * \tau^2} = \sqrt{9,3^2 + 3 * 7,2^2} = 16 \text{ MPa}$$

Es pot concloure que l'arbre està sobredimensionat amb un coeficient de seguretat de 10, prenent 160 MPa com a límit elàstic del material.

No es farà el càlcul a fatiga del material, ja que es tracta d'un prototip i s'entén que les hores de funcionament dels components seran molt limitades abans d'arribar a tenir cap problema per fatiga als materials.

- **Dimensionament dels rodaments de l'arbre:**

Càrrega més desfavorable al rodament: 16 N

Capacitat càrrega dinàmica, radial ( $C_r$ ) = 760 N > 16 N

Capacitat càrrega estàtica, radial ( $C_{0r}$ ) = 280 N > 16 N

Càrrega límit de fatiga ( $C_{ur}$ ) = 7,5 N < 16 N

Les càrregues aplicades no arriben al valor límit de càrrega dinàmica ni estàtica màxima permesa pel rodament.

Cal destacar que se sobrepassa el valor límit de fatiga, per tant en un determinat nombre d'esforços s'hauran de renovar, però com que el vehicle és un prototip se suposa que seran reemplaçats abans d'arribar a la fractura dels rodaments per fatiga.



### Arbre de transmissió del basculant-bogie

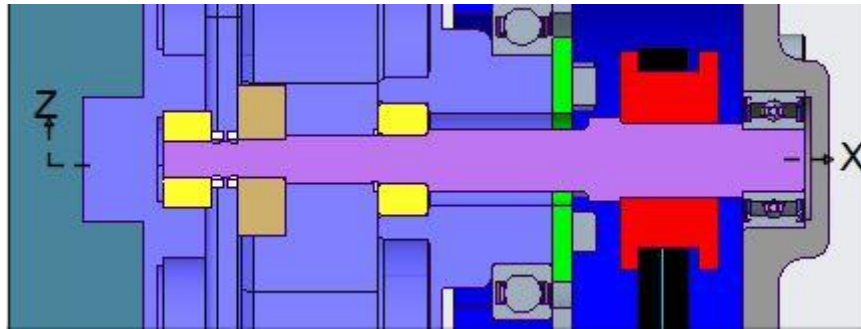


Figura 89: Vista de l'arbre d'entrada al bogie des de el pla Z-X

- **Característiques dels rodaments de l'arbre de transmissió:**

Taula 59: Característiques tècniques dels rodaments de l'arbre de transmissió

Tipus	Segellat	Segellat	Segellat
Dimensions	5x11x5	4x9x4	3x8x4
Quantitat	1	1	1
Marca	INA	INA	INA
Referència	685-2z	684-2z	693-2z
Capacitat càrrega dinàmica, radial ( $C_r$ )	760 N	680 N	590 N
Capacitat càrrega estàtica, radial ( $C_{or}$ )	280 N	225 N	180 N
Càrrega límit de fatiga ( $C_{ur}$ )	7,5 N	6 N	4,8 N
Velocitat límit	71.000 1/min	81.000 1/min	87.000 1/min
Factor de càlcul ( $f_0$ )	13,9	13	12

Aquest arbre de transmissió ha de poder suportar els esforços que s'apliquen, principalment perquè se suporta per tres rodaments col·locats de forma estratègica entre els elements que aporten les càrregues.

Pel que fa als rodaments de l'arbre col·locats al bogie van ser estudiats anteriorment al projecte previ a aquest.



### 7.2.3. Elements estructurals

Es farà un càlcul aproximat de la resistència del basculant per comprovar la seva resistència enfront de les càrregues aplicades.

Un cilindre hidràulic s'ocuparà de permetre el moviment al basculant però el seu disseny i dimensionament no entra dins de l'abast d'aquest treball, per tant se suposarà que estarà al mig del basculant el seu ancoratge.

No es tindrà en compte el dimensionat de l'ancoratge del pistó ni les càrregues que poden intervenir, tampoc es tindrà en compte el mateix pes de la peça.

A l'hora d'analitzar el basculant es tractarà com barra rectangular buida per les seves similituds.

Taula 60: Secció real i secció representativa del basculant

Secció del basculant real i dimensions:

- Vista pla Y-X:

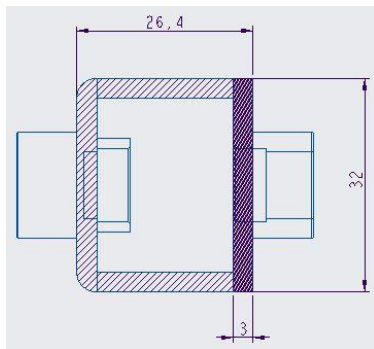


Figura 90: Secció del basculant real en el pla Y-X

- Vista pla Y-Z:

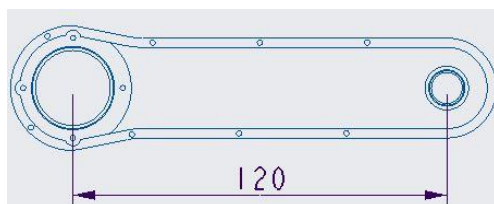


Figura 91: Secció del basculant real en el pla Y-Z

Secció de la barra que simularà el basculant:

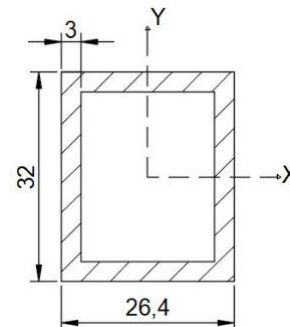


Figura 92: Secció representativa utilitzada pels càlculs del basculant al pla Y-X

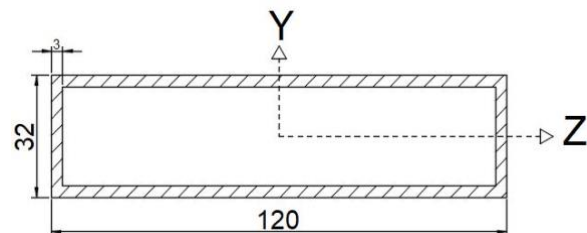


Figura 93: Secció representativa utilitzada pels càlculs del basculant al pla Y-Z

El basculant s'imprimirà amb una impressora 3D.

Propietats mecàniques del PLA:

Taula 61: Propietats del material utilitzat per la impressió 3D (PLA)

Límit elàstic	55 – 72 MPa
Resistència a la fatiga $10^7$ cicles	22,2 – 27,7 MPa

## Estudi de les càrregues aplicades al basculant:

Representació de les situacions que es pot enfrontar el bogie:

Taula 62: Representació de la càrrega aplicada en diferents situacions extremes

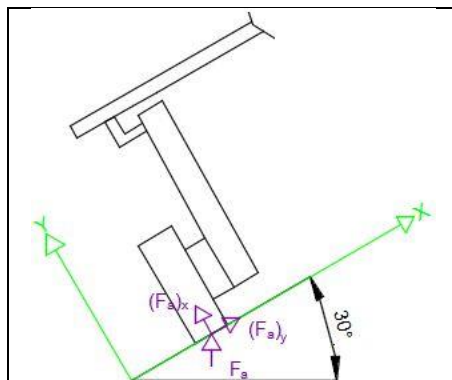


Figura 94: Cas extrem del vehicle amb una rampa de  $30^\circ$

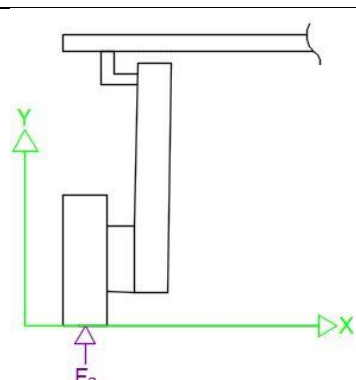


Figura 95: Cas on el vehicle es troba en una superfície plana

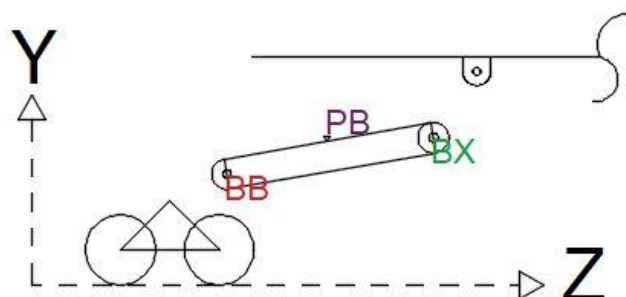


Figura 96: Punts clau del basculant a estudiar

El valor de la càrrega  $F_a=60\text{N}$ .

Casos a estudiar:

- El vehicle es troba sobre una superfície plana:
  - Basculant es troba a  $10^\circ$  respecte del xassís
  - Basculant es troba a  $55^\circ$  respecte del xassís
- El vehicle es troba sobre una superfície inclinada
  - Basculant es troba a  $10^\circ$  respecte del xassís



Representació de les càrregues al model vist desde el pla Y-X:

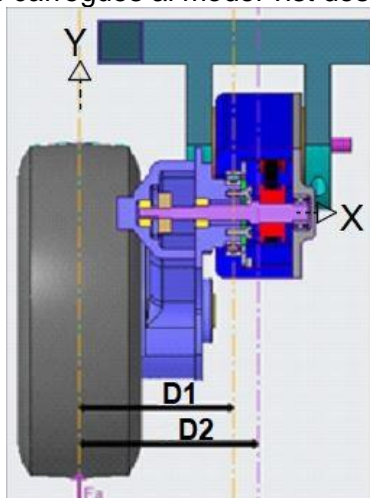


Figura 97: Representació de la càrrega aplicada al model vist des de el pla Y-X i la generació del moment de bolcada

Representació de les càrregues al basculant quan el vehicle es troba sobre una superfície plana:

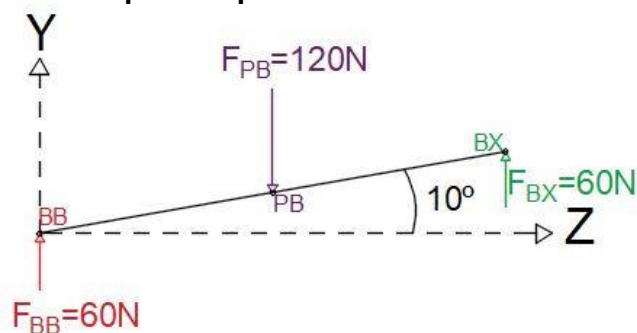


Figura 98: Representació de les forces que actuen al basculant

Força aplicada d'acord amb els requeriments:

$$F_A = 60 \text{ N}$$

$$D_2 = 54,9 \text{ mm}$$

Moment torçor generat d'acord amb la figura 97:

$$(M_T)_Z = 60 * 54,9 = 3.294 \text{ Nmm}$$

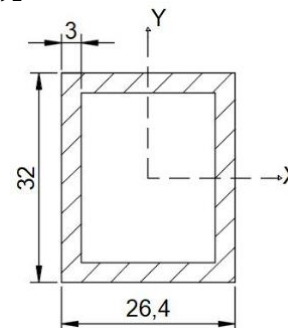


Figura 104: Secció representativa del basculant al pla YX

$$\tau_{M_T} = \frac{M_T}{2 * ample * llarg * gruix} = \frac{3.294}{2 * 26,4 * 32 * 3} = 0,65 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

És un valor realment baix que no afecta al comportament del basculant.

Càlcul de les forces que intervenen al basculant (Figura 98):

$$F_{BB} = 60 \text{ N}$$

$$\sum (M)_{BX} = F_{BB} * \cos(10) * 120 - F_{PB} * \cos(10) * 60$$

$$F_{PB} = 120 \text{ N}$$



Diagrama d'esforços interns:

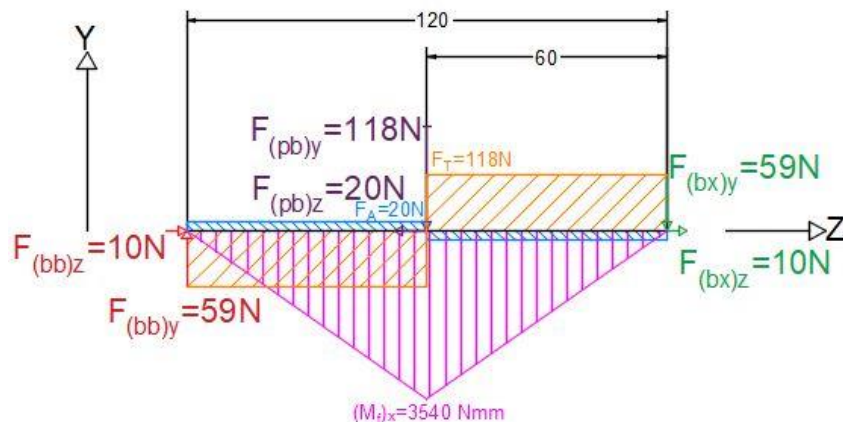


Figura 99: Diagrama d'esforços interns del basculant quan està a 10° respecte el xassís

**Representació de les càrregues al basculant quan el vehicle es troba sobre una superfície plana:**

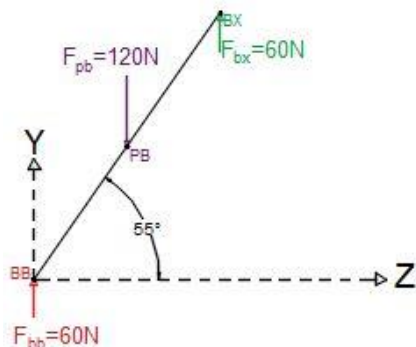


Figura 100: Representació de les forces que actuen al basculant

$$\sum F_Y = F_{BB} - F_{PB} + F_{BX} = 0$$

$$F_{BX} = 60N$$

Valors del diagrama d'esforços interns quan el vehicle es troba en una superfície plana a 10° respecte el xassís, figura 99 :

$$(M_f)_x = 3.540 \text{ Nmm}$$

$$F_T = 118 \text{ N}$$

$$F_{axil} = 20 \text{ N}$$

Càlcul de les forces que intervien al basculant (Figura 100):

$$F_{BB} = 60N$$

$$\sum (M)_{BX} = F_{BB} * \cos(55) * 120 - F_{PB} * \cos(55) * 60$$

$$F_{PB} = 120N$$

$$\sum F_Y = F_{BB} - F_{PB} + F_{BX} = 0$$

$$F_{BX} = 60N$$

Valors del diagrama d'esforços interns quan el vehicle es troba en una superfície plana a 55° respecte el xassís, figura 101:

$$(M_f)_x = 2040 \text{ Nmm}$$

$$F_T = 68 \text{ N}$$

$$F_{axil} = 98 \text{ N}$$

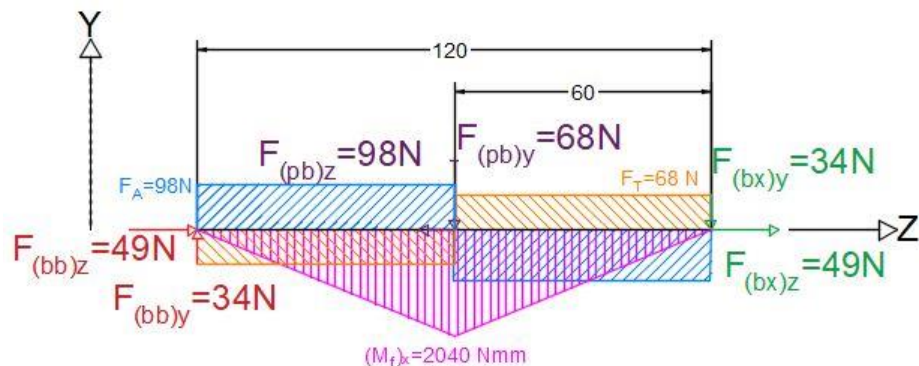


Figura 101: Diagrama d'esforços interns del basculant quan esta a 55° respecte el xassís

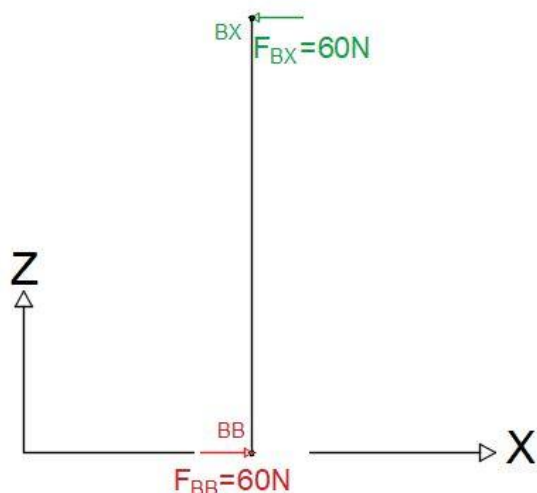


Figura 102: Diagrama de forces al basculant al pla ZX

Càlcul de les forces que intervien al basculant (Figura 102):

$$F_{BB} = 60N$$

$$\sum F_Y = F_{BB} - F_{PB} + F_{BX} = 0$$

$$F_{BX} = 60N$$

Valors del diagrama d'esforços interns quan el vehicle es troba en una superfície inclinada 30° a 10° respecte el xassís, figura 103:

$$(M_f)_x = 3.540 \text{ Nmm}$$

$$F_T = 60 \text{ N}$$

### Dimensionament

Es tria com a cas més desfavorable quan el vehicle es troba en una superfície inclinada a 30° amb el basculant amb posició baixa, ja que té el valor del moment flector més elevat.

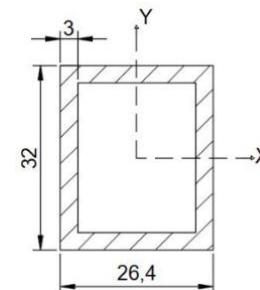


Figura 105: Secció representativa del basculant al pla YX

$$I_y = \frac{32 \cdot 26,4^3}{12} - \frac{26 \cdot 20,4^3}{12} = 30.671,7 \text{ mm}^4$$

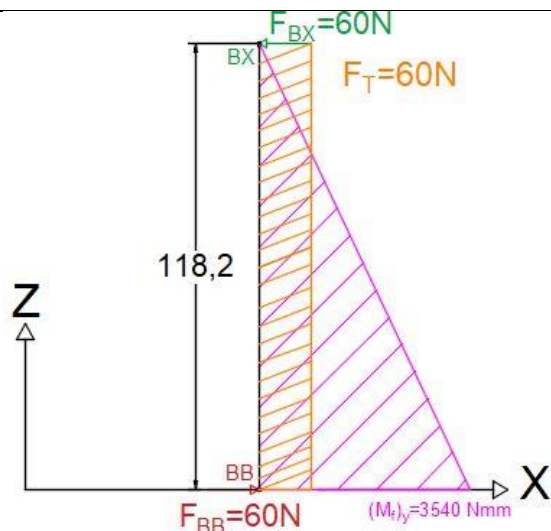


Figura 103: Diagrama d'esforços interns amb el basculant a 10° respecte el xassís i el vehicle inclinat 30°

$$W_y = \frac{30671,7}{13,2} = 2.323,6 \text{ mm}^3$$

$$\sigma_f = \frac{(M_f)_y}{W_y} = \frac{3.540}{2.323,6} = 1,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$(\sigma_{\text{basculant}})_{\text{max}} \leq (\sigma_{\text{adm}})_{\text{material}}$$

$$1,5 \text{ MPa} \leq 55 \text{ MPa}$$

$$C.S = \frac{55}{1,5} = 36$$



#### 7.2.4. Rodament del basculant i casquets de fricció

Càrregues al rodament que permet articula el basculant amb el bogie.

Representació del vehicle a una rampa de 30° d'inclinació lateral:

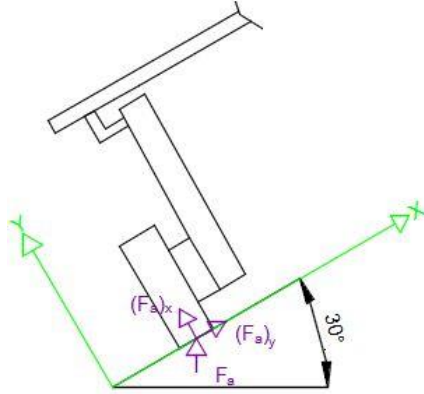


Figura 106: Cas extrem del vehicle amb una rampa de 30°

Equacions:

$$F_a = 60 \text{ N}$$

$$(F_a)_x = 60 * \sin(30) = 30 \text{ N}$$

$$(F_a)_y = 60 * \cos(30) = 52 \text{ N} ;$$

En aquest cas s'obté la força axial màxima respecte els rodaments i casquets de fricció

Representació del vehicle en una superfície plana:

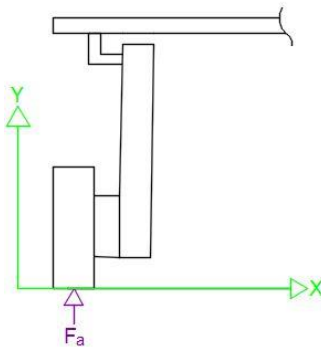


Figura 107: Cas on el vehicle es troba en una superfície plana

Equacions:

$$F_a = 60 \text{ N}$$

En aquest cas s'obté la força radial màxima respecte els rodaments i casquets de fricció

Representació de la secció del vehicle en una superfície plana:

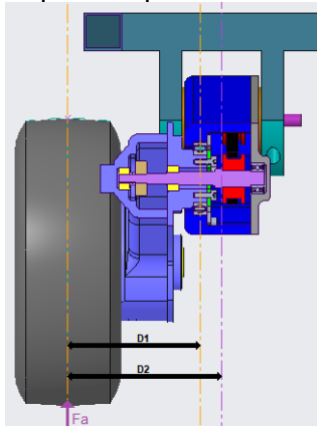


Figura 108: Representació de la càrrega aplicada al model vist des de el pla Y-X i moment de bolcada al rodament

Moment de bolcada que rebrà el rodament:

$$F_a = 60 \text{ N}$$

$$D1 = 47,2 \text{ mm}$$

$$M_B = 60 \text{ N} * 47,2 \text{ mm} = 2.837 \text{ Nmm}$$



### Característiques del rodament:

*Taula 63: Dades tècniques del rodament que articula el basculant amb el bogie*

<b>Tipus</b>	Segellat
<b>Dimensions</b>	17x26x5
<b>Quantitat</b>	1
<b>Marca</b>	INA
<b>Referència</b>	61803-2RSR
<b>Capacitat càrrega dinàmica, radial (<math>C_r</math>)</b>	2.230 N
<b>Capacitat càrrega estàtica, radial (<math>C_{0r}</math>)</b>	1.460 N
<b>Càrrega límit de fatiga (<math>C_{ur}</math>)</b>	67 N
<b>Velocitat límit</b>	13.500 1/min

Analitzant les càrregues que rebrà el rodament i les que pot suportar, es pot veure que pel valor de la força radial permesa no es tindrà cap problema inclús a fatiga.

No es tenen dades de la força axial màxima permesa pel rodament però es té un valor realment petit (30 N) i se sap que el tipus de rodament utilitzat és capaç de suportar forces axials però d'una magnitud no gaire alta.

Pel tipus de càrregues aplicades, moment de bolcada, força radial i força axial el rodament ideal per suportar-les és un de quatre punts de contacte.

Per poder suportar amb totes aquestes càrregues s'hauria de ser de 4 punts de contacte per causa del moment de bolcada existent.

El rodament és el mateix que el que s'utilitza al bogie, així s'unifiquen peces i es tindrà major facilitat de buscar recanvis.

### Característiques dels casquets de fricció:

*Taula 64: Dades tècniques dels casquets de fricció que articulen el xassís amb el basculant*

<b>Tipus</b>	Sèrie G
<b>Dimensions</b>	16x18x9
<b>Quantitat</b>	2
<b>Marca</b>	IGUS
<b>Referència</b>	GFM-1618-09
<b>Mòdul d'elasticitat</b>	7.800 MPa
<b>Resistència a la flexió</b>	210 MPa
<b>Càrrega de pressió</b>	78 MPa



El límit elàstic d'aquests casquets de fricció és molt alt, també la pressió que poden suportar. Amb els valors de les càrregues que es tenen les suportaran correctament.

Aquests casquets no tenen cap problema a l'hora de treballar amb brutícia i altres factors ambientals, és per això que no tenen cap mena de tapa per protegir-los.



## 8. Conclusions

Aquest treball de final de grau va sorgir com una proposta del tutor del treball, que consistia a reprendre un treball de grau anterior on es van desenvolupar els elements bogie per tant en aquest treball s'hauria de desenvolupar els elements basculant i sistema de propulsió del vehicle.

Es valora molt l'aprenentatge adquirit durant el desenvolupament d'aquest projecte de final de grau, no pel repàs del contingut de les assignatures donades, sinó en altres aspectes com redactar de manera clara i ordenada un projecte tècnic o adaptar el disseny del projecte perquè s'adeqüi als productes comercials existents. Aquests aspectes adquirits durant l'evolució del projecte no s'aprenen durant els anys d'estudi a la universitat.

El treball ha acabat definint el basculant, després d'analitzar diferents propostes de dissenys i també el sistema de propulsió a partir de les opcions estudiades a l'anterior treball de final de grau que es repren.

El resultat final del treball no és definitiu, s'ha definit en l'àmbit d'avantprojecte. Per validar el disseny s'hauria de poder construir i testar-lo amb el nivell d'exigència requerit per observar el seu comportament i solucionar els incidents que puguin sorgir.

La major part del desenvolupament del treball ha estat des de gener fins al juliol del 2020, període de temps afectat per la pandèmia de la COVID-19. Es tenia plantejat poder construir un prototip del disseny final construir les peces mitjançant impressió 3D però per culpa d'aquest temps excepcional es va haver de descartar.

S'ha volgut redactar el treball de la forma més simple possible, perquè es pugui entendre com s'ha desenvolupat el projecte i quins criteris s'han seguit a l'hora de triar components o descartar dissenys. En tots els apartats que hi ha diferents opcions a escollir s'ha fet una valoració d'avantatges i inconvenients per escollir la millor opció d'acord amb els criteris aplicats.

La realització del treball ha sigut un exercici pràctic sobre com desenvolupar un projecte tècnic on s'ha posat en pràctica els continguts apresos al grau. En l'àmbit personal s'ha fet un pas endavant sobre com s'han de redactar els projectes tècnics i l'altre ha sigut en vers a la millora del disseny mecànic. La cancel·lació de la construcció del prototip ha sigut un punt negatiu, ja que és una de les parts més interessants del treball i es tenia moltes ganes d'iniciar-se amb la impressió en 3D.

Com a punts de millora del treball si s'hagués de repetir des del començament, es proposaria construir els elements del conjunt de transmissió amb peces comercials i l'ajuda de la impressió 3D perquè hi ha poca disponibilitat d'elements comercials que s'adaptin als requeriments i que especifiquin les dades tècniques. També es proposaria poder comprar els elements comercials escollits i construir tot el prototipus del vehicle per veure que tots els elements encaixen sense problemes.



## 9. Fonts d'informació

### 9.1. Recursos electrònics en línia

#### Diferencials:

Detalls DHK Hobby 8381-125:

[https://www.banggood.com/DHK-Hobby-8381-125-Assembly-Differential-Gear-Box-Upgrade-18-8381-8382-8384-RC-Car-OP-Part-p-1225685.html?rmmds=search&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/DHK-Hobby-8381-125-Assembly-Differential-Gear-Box-Upgrade-18-8381-8382-8384-RC-Car-OP-Part-p-1225685.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN)

Detalls HSP RC 94108:

[https://es.aliexpress.com/item/4000243653332.html?spm=a2g0o.detail.1000014.11.7d83332coJJS8R&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.128125.0&scm\\_id=1007.13338.128125.0&scm-url=1007.13338.128125.0&pvid=6c0f1c09-ae27-4b79-83a6-decb37524a3f&\\_t=gps-id:pcDetailBottomMoreOtherSeller,scm-url:1007.13338.128125.0,pvid:6c0f1c09-ae27-4b79-83a6-decb37524a3f](https://es.aliexpress.com/item/4000243653332.html?spm=a2g0o.detail.1000014.11.7d83332coJJS8R&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.128125.0&scm_id=1007.13338.128125.0&scm-url=1007.13338.128125.0&pvid=6c0f1c09-ae27-4b79-83a6-decb37524a3f&_t=gps-id:pcDetailBottomMoreOtherSeller,scm-url:1007.13338.128125.0,pvid:6c0f1c09-ae27-4b79-83a6-decb37524a3f)

Detalls HSP 94170:

[https://es.aliexpress.com/item/32785144165.html?spm=a2g0o.detail.1000014.14.4add16feVrGyYf&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.128125.0&scm\\_id=1007.13338.128125.0&scm-url=1007.13338.128125.0&pvid=4f4fd73e-b136-48a2-a2c4-a7ae1c3e2de6&\\_t=gps-id:pcDetailBottomMoreOtherSeller,scm-url:1007.13338.128125.0,pvid:4f4fd73e-b136-48a2-a2c4-a7ae1c3e2de6](https://es.aliexpress.com/item/32785144165.html?spm=a2g0o.detail.1000014.14.4add16feVrGyYf&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.128125.0&scm_id=1007.13338.128125.0&scm-url=1007.13338.128125.0&pvid=4f4fd73e-b136-48a2-a2c4-a7ae1c3e2de6&_t=gps-id:pcDetailBottomMoreOtherSeller,scm-url:1007.13338.128125.0,pvid:4f4fd73e-b136-48a2-a2c4-a7ae1c3e2de6)

#### Caixes de canvi:

Detalls WLP 1:

[https://www.banggood.com/WPL-Speed-Change-Gear-Box-For-WPL-B1-B24-B16-B36-C24-JJRC-Q65-116-4WD-6WD-Rc-Car-p-1305526.html?rmmds=search&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/WPL-Speed-Change-Gear-Box-For-WPL-B1-B24-B16-B36-C24-JJRC-Q65-116-4WD-6WD-Rc-Car-p-1305526.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN)

Detalls WLP 2:

[https://www.banggood.com/WPL-3CH-Speed-Change-Gear-Box-And-Radio-Transmitter-For-B1-B24-B16-C24-116-4WD-6WD-Rc-Car-p-1321623.html?rmmds=search&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/WPL-3CH-Speed-Change-Gear-Box-And-Radio-Transmitter-For-B1-B24-B16-C24-116-4WD-6WD-Rc-Car-p-1321623.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN)

Detalls WLP 3:


[https://www.banggood.com/WPL-1Set-Original-Metal-Gears-With-370-Motor-For-Speed-Change-Gear-Box-B1-B24-B16-B36-C24-116-4WD-6WD-Rc-Car-p-1476281.html?rmmds=search&cur\\_warehouse=CN#customerQA](https://www.banggood.com/WPL-1Set-Original-Metal-Gears-With-370-Motor-For-Speed-Change-Gear-Box-B1-B24-B16-B36-C24-116-4WD-6WD-Rc-Car-p-1476281.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN#customerQA)

Detalls Caixa de canvis Milwaukee:

<https://services.milwaukeeetool.eu/es-es/getMaterial?matident=4933441925&serident=4000441916>

Detalls del conjunt d'engranatges epicicloïdals:



 <p>Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior</p>	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	MEMÒRIA	Pàgina:	81 de 85

[https://es.aliexpress.com/item/32897252328.html?spm=a2g0o.detail.1000014.18.56f62e08Xnk8av&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.133222.0&scm\\_id=1007.13338.133222.0&scm-url=1007.13338.133222.0&pvid=fe9c2b8a-eddc-4b17-b015-80c071770712](https://es.aliexpress.com/item/32897252328.html?spm=a2g0o.detail.1000014.18.56f62e08Xnk8av&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.133222.0&scm_id=1007.13338.133222.0&scm-url=1007.13338.133222.0&pvid=fe9c2b8a-eddc-4b17-b015-80c071770712)

Detalls caixa de canvis Traxxas:

<https://traxxas.com/explodedviews/TRX-4-Scale-and-Trail-Crawler-82056-4-Chassis-Assembly>

Detalls caixa de canvis adaptada pels vehicles tot terreny Traxxas del portal de compres Ebay:

[https://www.ebay.es/itm/Caliente-Carreras-TRXF3801-Aluminio-Caja-de-Cambios-Vivienda-TRX4/323889612765?\\_trkparms=aid%3D1110001%26algo%3DSPLICE.SIM%26ao%3D2%26asc%3D20160908110712%26meid%3D7f935a4b269d4cea8ab926331692154c%26pid%3D100677%26rk%3D5%26rkt%3D30%26mehot%3Dnone%26sd%3D183991701574%26itm%3D323889612765%26pmt%3D0%26noa%3D1%26pg%3D2386202&\\_trksid=p2386202.c100677.m4598](https://www.ebay.es/itm/Caliente-Carreras-TRXF3801-Aluminio-Caja-de-Cambios-Vivienda-TRX4/323889612765?_trkparms=aid%3D1110001%26algo%3DSPLICE.SIM%26ao%3D2%26asc%3D20160908110712%26meid%3D7f935a4b269d4cea8ab926331692154c%26pid%3D100677%26rk%3D5%26rkt%3D30%26mehot%3Dnone%26sd%3D183991701574%26itm%3D323889612765%26pmt%3D0%26noa%3D1%26pg%3D2386202&_trksid=p2386202.c100677.m4598)

Detalls caixa de canvis adaptada pels vehicles tot terreny Traxxas del portal de compres Aliexpress:

<https://es.aliexpress.com/item/32870536442.html>

### Caixes de transferència:

Detall SCX10:

[https://es.aliexpress.com/item/4000168246322.html?spm=a2g0o.detail.1000014.1.7e1e6d92VPPTDc&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.133222.0&scm\\_id=1007.13338.133222.0&scm-url=1007.13338.133222.0&pvid=94f5ef8f-f5c4-4c94-9f95-1a6406d82497](https://es.aliexpress.com/item/4000168246322.html?spm=a2g0o.detail.1000014.1.7e1e6d92VPPTDc&gps-id=pcDetailBottomMoreOtherSeller&scm=1007.13338.133222.0&scm_id=1007.13338.133222.0&scm-url=1007.13338.133222.0&pvid=94f5ef8f-f5c4-4c94-9f95-1a6406d82497)

Detall WPL:

[https://es.banggood.com/1-Set-All-Metal-Transfer-Gear-Box-without-Motor-for-WPL-B16-B24-B36-C14-C24-116-Rc-Car-Parts-p-1428208.html?akmClientCountry=ES&&cur\\_warehouse=CN](https://es.banggood.com/1-Set-All-Metal-Transfer-Gear-Box-without-Motor-for-WPL-B16-B24-B36-C14-C24-116-Rc-Car-Parts-p-1428208.html?akmClientCountry=ES&&cur_warehouse=CN)


Detall HG 6ASS-P05:

<https://es.banggood.com/HG-6ASS-P05-Zinc-Alloy-Transmission-Assembly-for-P602-112-RC-Car-Model-Spare-Parts-p-1624836.html>

### Motors:

Detall F540:

[https://www.banggood.com/es/Surpass-Hobby-Waterproof-F540-3300KV-Brushless-Rc-Car-Motor-45A-ESC-Combo-Set-For-110-Rc-Car-p-1299399.html?rmmds=search&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/es/Surpass-Hobby-Waterproof-F540-3300KV-Brushless-Rc-Car-Motor-45A-ESC-Combo-Set-For-110-Rc-Car-p-1299399.html?rmmds=search&cur_warehouse=CN)

 <p>Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior</p>	<p>Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.</p> <p>Autor: Roger Mateu Vichares</p>	
	MEMÒRIA	Pàgina: 82 de 85

Detall Racestar 4068:

[https://www.banggood.com/es/Racerstar-4068-Brushless-Waterproof-Sensorless-Motor-2050KV-120A-ESC-For-18-Cars-RC-Car-Parts-p-1080770.html?gmcCountry=ES&currency=EUR&createTmp=1&utm\\_source=googleshopping&utm\\_medium=cpc\\_bgs&utm\\_content=lijing&utm\\_campaign=ssc-es-all-0716&ad\\_id=367216407014&gclid=EAIaIQobChMIgbrqiNq15wIVCPhRCh0GWAWQEAYYASABEgl6OPD\\_BwE&cur\\_warehouse=CN](https://www.banggood.com/es/Racerstar-4068-Brushless-Waterproof-Sensorless-Motor-2050KV-120A-ESC-For-18-Cars-RC-Car-Parts-p-1080770.html?gmcCountry=ES&currency=EUR&createTmp=1&utm_source=googleshopping&utm_medium=cpc_bgs&utm_content=lijing&utm_campaign=ssc-es-all-0716&ad_id=367216407014&gclid=EAIaIQobChMIgbrqiNq15wIVCPhRCh0GWAWQEAYYASABEgl6OPD_BwE&cur_warehouse=CN)

Detall Toro X8 PRO:

[https://cochecitosrc.com/es/motores/374-22-motor-toro-x8-v2-brushless-18-2100-y-2400kv.html?gclid=EAIaIQobChMIw9uh9P7E6QIVWfIRCh225QstEAYYAyABEgJnB\\_D\\_BwE#/16-motor\\_tipo-2100?cmp\\_id=9581514940&adg\\_id=98085746309&kwd=&device=c](https://cochecitosrc.com/es/motores/374-22-motor-toro-x8-v2-brushless-18-2100-y-2400kv.html?gclid=EAIaIQobChMIw9uh9P7E6QIVWfIRCh225QstEAYYAyABEgJnB_D_BwE#/16-motor_tipo-2100?cmp_id=9581514940&adg_id=98085746309&kwd=&device=c)

Detall Titan 21T:

<https://rc-pro.es/motores-traxxas/3687-trx4-motor-titan-550-reverse-rotation-21-turns-14-volts-1.html>

Detall Faulhaber 2057:

<https://www.faulhaber.com/en/products/series/2057ba/>

### Rodaments:

Rodament 5x11x5 (Ref: 685-2Z):

[https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/68...-2Z\\*685-2Z;b86IJFQsriK6?clrsb=1](https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/68...-2Z*685-2Z;b86IJFQsriK6?clrsb=1)

Rodament 17x26x5 (Ref: 61803-2RSR):

[https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/618...-2RSR\\*61803-2RSR;b86IJFQsriK6?clrsb=1](https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/618...-2RSR*61803-2RSR;b86IJFQsriK6?clrsb=1)

Rodament 17x26x5 (Ref: 61803-2RSR):

[https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/618...-2RSR\\*61803-2RSR;b86IJFQsriK6?clrsb=1](https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/618...-2RSR*61803-2RSR;b86IJFQsriK6?clrsb=1)

Rodament 4x9x4 (Ref: 684-2Z):

[https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/68...-2Z\\*684-2Z;b86IJFQsriK6?clrsb=1](https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/68...-2Z*684-2Z;b86IJFQsriK6?clrsb=1)


Rodament 3x8x4 (Ref: 693-2Z):

[https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/69...-2Z\\*693-2Z;b86IJFQsriK6?clrsb=1](https://medias.schaeffler.com/medias/hp.ec.br.pr/69...-2Z*693-2Z;b86IJFQsriK6?clrsb=1)

### Casquet de fricció:

Casquet de fricció sèrie G (Ref: GFM-1618-09):

<https://www.igus.es/product/64>

 Universitat de Lleida Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.	
	Autor: Roger Mateu Vichares	
	MEMÒRIA	Pàgina: 83 de 85

**Corretja:**

Corretja Mulco (T2,5/285):

<https://mulco1.gwj.de/index.php?id=291&L=6>

**Politges:**

<https://lindis.com/es/ct/correas-poleas-poly-chain-68>



## 10. Planificació

La taula de les dates aproximades d'inici i final de cada tasca realitzada es mostra a la taula 65.

El diagrama de Gantt es mostra a la figura 109.

Taula 65: Data aproximada d'inici i final de cada tasca

Tasca	Duració (dies)	Data inici	Data fi
Proposta del treball i definició dels objectius	57	20/11/2019	16/01/2020
Redacció memòria del treball	146	16/01/2020	10/06/2020
Estudi dels requeriments	12	16/01/2020	28/01/2020
Estudi del conjunt de transmissió i cerca de components	26	04/02/2020	01/03/2020
Estudi del sistema motriu i cerca de components	19	11/02/2020	01/03/2020
Plantejament i projecció d'idees del conjunt basculant	14	03/03/2020	17/03/2020
Realització dels dissenys 3D del conjunt basculant	70	18/03/2020	27/05/2020
Dimensionament del conjunt basculant	20	28/05/2020	17/06/2020
Redacció dels annexos	16	25/03/2020	10/04/2020
Realització de plànols	6	07/07/2020	13/07/2020
Redacció del resum	2	04/07/2020	06/07/2020
Redacció del pressupost	6	07/07/2020	13/07/2020
Redacció del plec de condicions	2	07/07/2020	09/07/2020

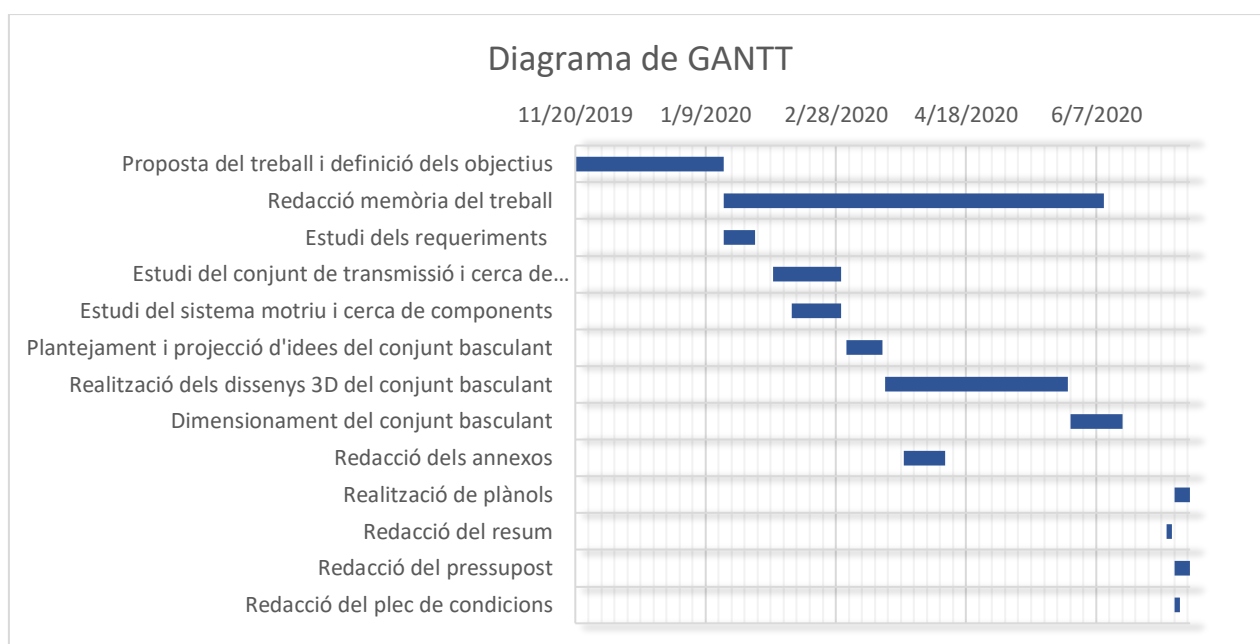


Figura 109: Diagrama de Gantt



## 11. Agraïments

Finalitzat aquest treball de final de grau, agrair al tutor, Joan Roca Enrich, tot el temps que ha destinat a la supervisió i la col·laboració prestada durant l'evolució del treball.

## Dimensionament de la corretja

### Característiques de la politja

La politja escollida per la transmissió interior del basculant és el model AL16T2.5/18-2 de la figura núm.1, aquesta politja tindrà un pas de 2,5 com la corretja i 18 dents. A la figura núm.1 es mostra les dades de construcció de la politja que es faran servir per fer càlculs com per exemple el radi de la politja a l'hora de trobar la força a la corretja que es transmet.

S'escull aquesta politja perquè té el mateix pas que la corretja, té les dimensions adequades per allotjar-la dins del basculant i per últim, és la mateixa politja utilitzada al bogie.

Es segueix la filosofia adoptada en aquest treball d'intentar tenir el nombre més gran de peces iguals als elements per estandarditzar-les i no tenir problemes amb els recanvis.

Hi ha dimensions com l'amplada total o el forat de l'eix que es retocaran mitjançant la mecanització de la peça.

A la figura núm.2 es representen les cotes indicades a la figura núm.1.

Code	Type	No. teeth	De	Dp	Df	Dm	F	L	Bore (d)	Max. bore	No. flanges
AL16T2.5/10-2	0F	10	7.45	7.96	13	13	9	16	-	3	2
AL16T2.5/12-2	0F	12	9.00	9.55	13	13	9	16	-	3	2
AL16T2.5/14-2	0F	14	10.60	11.14	15	15	9	16	-	4	2
AL16T2.5/15-2	0F	15	11.40	11.94	15	15	9	16	-	5	2
AL16T2.5/16-2	0F	16	12.20	12.73	16	16	9	16	-	6	2
AL16T2.5/18-2	1F	18	13.80	14.32	17.5	10	10	16	-	7	2
AL16T2.5/19-2	1F	19	14.60	15.12	20	10	10	16	-	8	2

Figura 1: Taula de politges disponibles

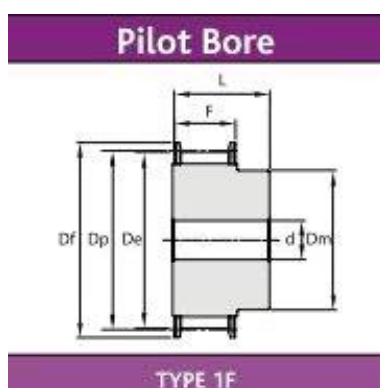


Figura 2: Dimensions de la politja

Les dades de la corretja en funció de la velocitat angular es seleccionen a partir de la figura núm.3, igual que la resistència a la tracció de la corretja que es mostra a la figura núm.4.




Rpm, n (min <sup>-1</sup> )	F <sub>U spez</sub> (N/cm)	M <sub>spez</sub> (Ncm/cm)	P <sub>spez</sub> (W/cm)	Rpm, n (min <sup>-1</sup> )	F <sub>U spez</sub> (N/cm)	M <sub>spez</sub> (Ncm/cm)	P <sub>spez</sub> (W/cm)	Rpm, n (min <sup>-1</sup> )	F <sub>U spez</sub> (N/cm)	M <sub>spez</sub> (Ncm/cm)	P <sub>spez</sub> (W/cm)
0	9.03	0.359	0.000	1100	5.61	0.223	0.257	3200	4.36	0.173	0.581
20	8.72	0.347	0.007	1200	5.51	0.219	0.275	3400	4.28	0.170	0.607
40	8.48	0.337	0.014	1300	5.41	0.215	0.293	3600	4.22	0.168	0.632
60	8.28	0.329	0.021	1400	5.33	0.212	0.311	3800	4.15	0.165	0.657
80	8.10	0.322	0.027	1500	5.25	0.209	0.328	4000	4.09	0.163	0.682
100	7.95	0.316	0.033	1600	5.17	0.206	0.345	5000	3.82	0.152	0.796
200	7.39	0.294	0.062	1700	5.10	0.203	0.361	6000	3.60	0.143	0.901
300	7.01	0.279	0.088	1800	5.04	0.200	0.378	7000	3.42	0.136	0.997
400	6.71	0.267	0.112	1900	4.97	0.198	0.394	8000	3.26	0.130	1.086
500	6.48	0.258	0.135	2000	4.91	0.195	0.409	9000	3.11	0.124	1.168
600	6.28	0.250	0.157	2200	4.80	0.191	0.440	10000	2.99	0.119	1.245
700	6.11	0.243	0.178	2400	4.70	0.187	0.470	12000	2.77	0.110	1.384
800	5.97	0.237	0.199	2600	4.60	0.183	0.499	15000	2.50	0.099	1.561
900	5.83	0.232	0.219	2800	4.51	0.180	0.527	18000	2.28	0.091	1.708
1000	5.71	0.227	0.238	3000	4.43	0.176	0.554	20000	2.15	0.086	1.791

Figura 3: Tabulació de les especificacions de la corretja en funció de la velocitat angular

BELT WIDTH (in mm)	3	4	6	8	10	16	25	32
Synchroflex	25	39	65	92	117	195	312	403

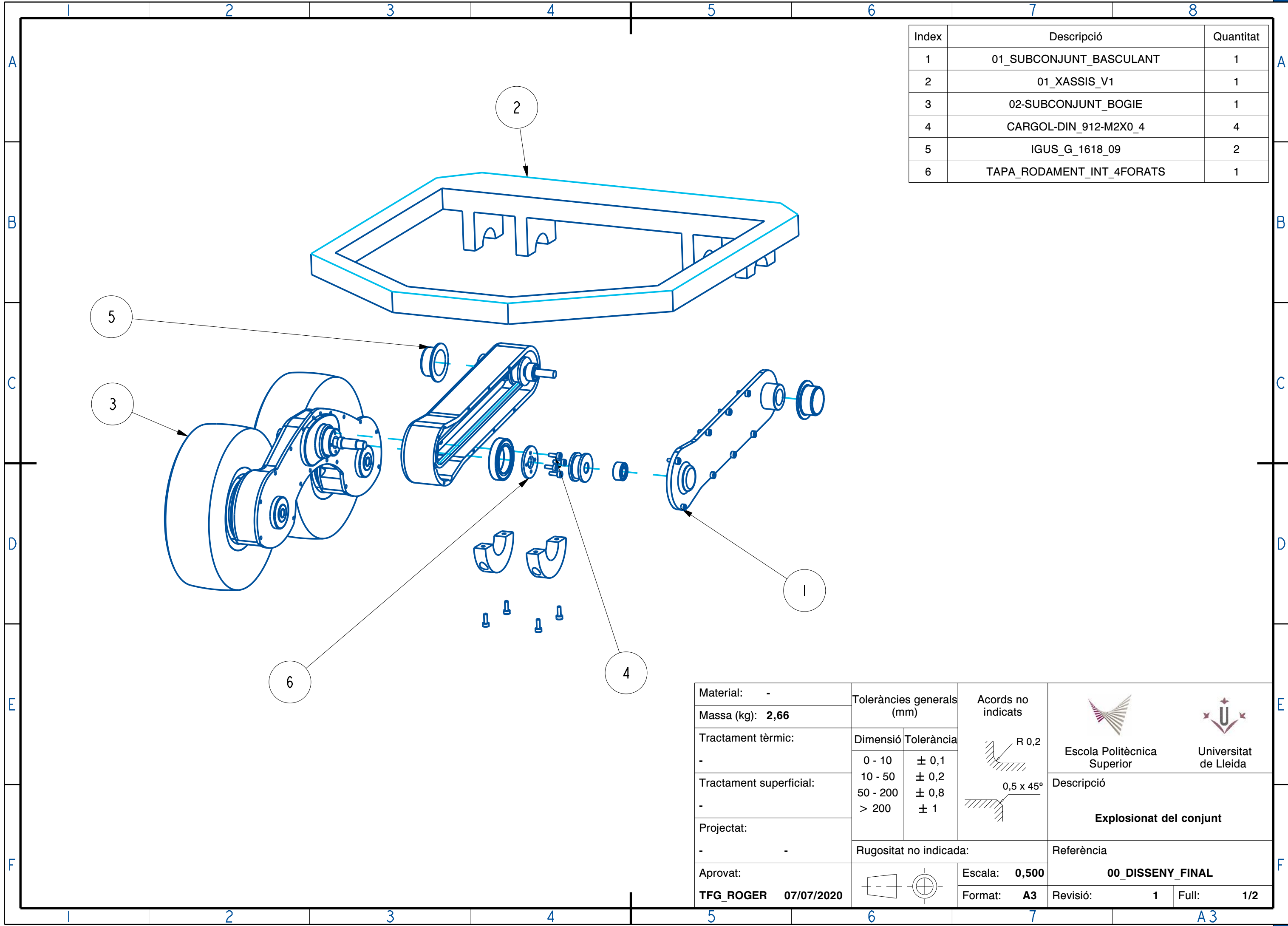
Figura 4: Tabulació de la resistència a la tracció suportada per la corretja

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.	
	Autor: Roger Mateu Vichares	
	PLÀNOLS	Pàgina: 1 de 18

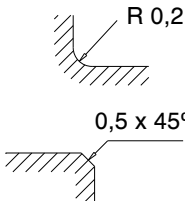


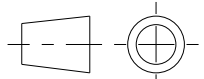
## Índex

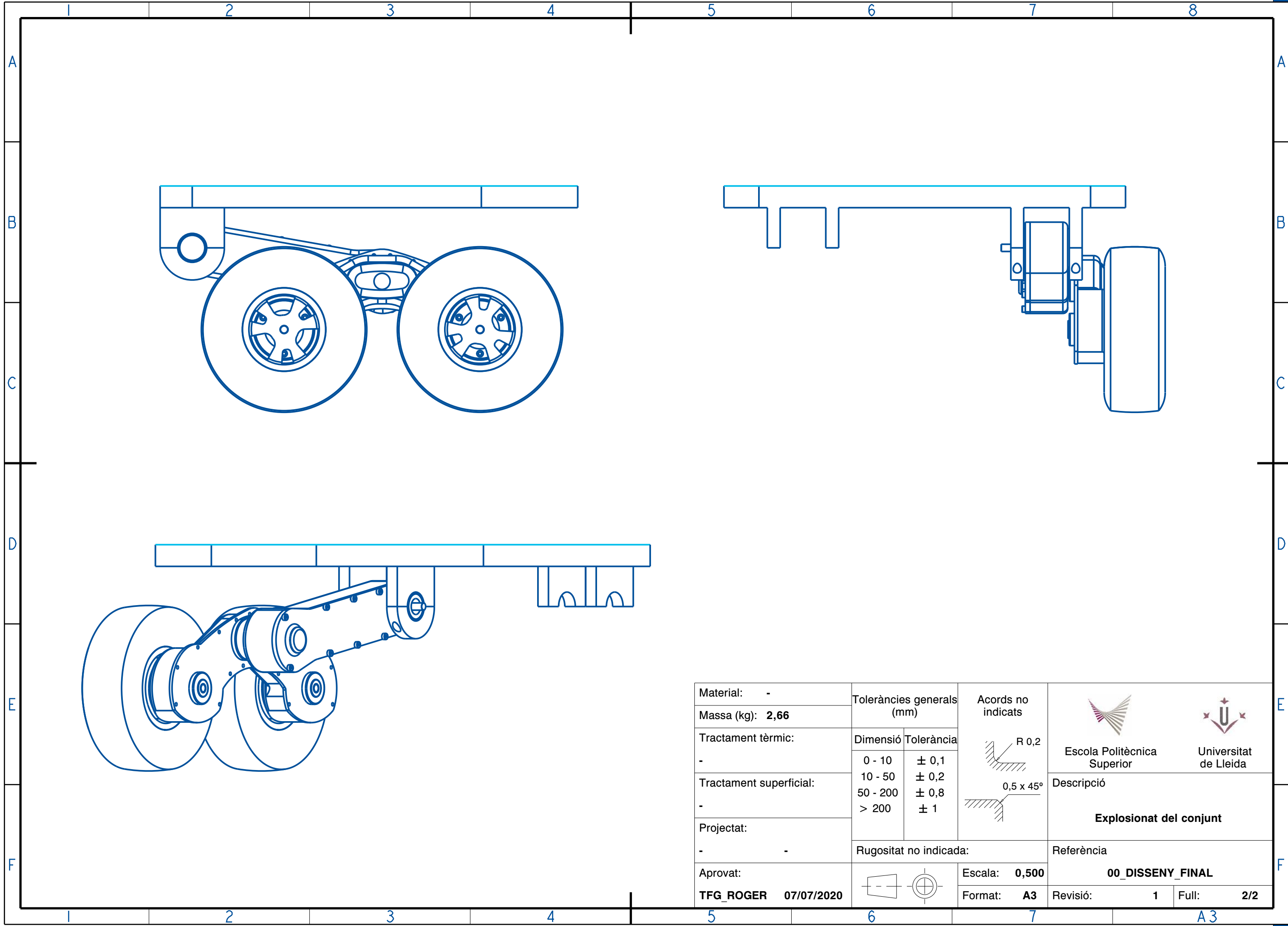
1.	Conjunt.....	2
2.	Subconjunt basculant .....	4
3.	Subconjunt xassís .....	6
4.	Subconjunt arbre d'entrada al basculant .....	7
5.	Carcassa xassís .....	8
6.	Orella desmuntable del xassís.....	10
7.	Carcassa basculant.....	11
8.	Tapa de la carcassa del basculant .....	13
9.	Tapa del rodament que articula amb el bogie.....	15
10.	Tapa interior del rodament que articula amb el bogie .....	16
11.	Eix d'entrada al basculant.....	17
12.	Eix d'entrada al bogie .....	18



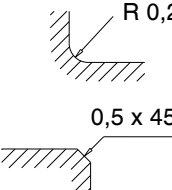
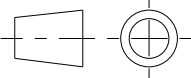


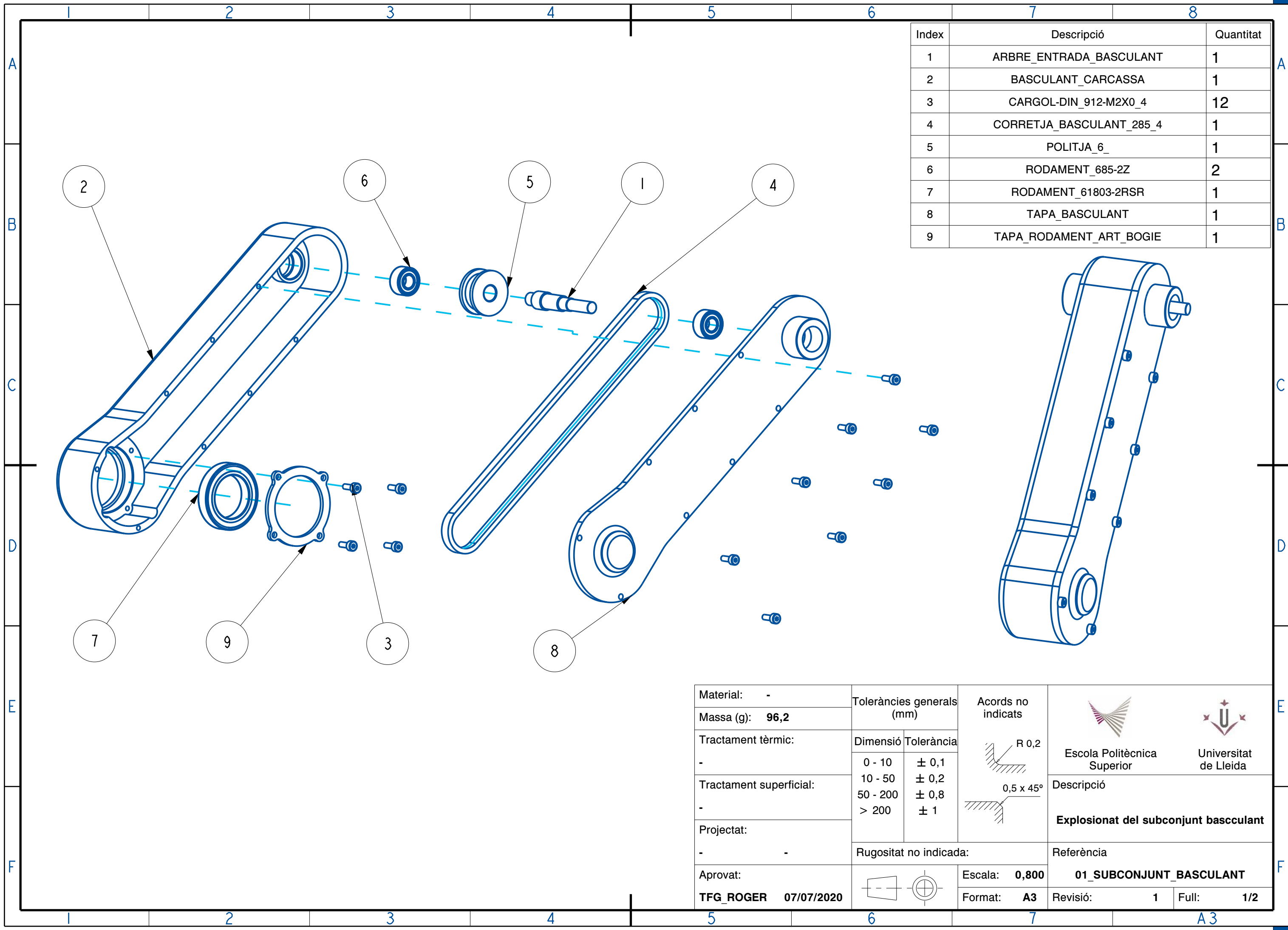


Index	Descripció	Quantitat
1	01_SUBCONJUNT_BASCULANT	1
2	01_XASSIS_V1	1
3	02-SUBCONJUNT_BOGIE	1
4	CARGOL-DIN_912-M2X0_4	4
5	IGUS_G_1618_09	2
6	TAPA_RODAMENT_INT_4FORATS	1


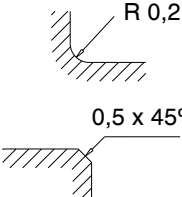
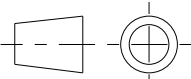
Material: -	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats  	 Escola Politécnica Superior		 Universitat de Lleida	
Massa (kg): 2,66							
Tractament tèrmic: -	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Explosionat del conjunt</b>			
	0 - 10	± 0,1					
	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,8					
Tractament superficial: -	> 200	± 1	<b>Explosionat del conjunt</b>				
Projectat: -							
	Rugositat no indicada:			Referència			
Aprovat: TFG_ROGER 07/07/2020			Escala: 0,500	00_DISSENY_FINAL			
			Format: A3	Revisió: 1	Full: 1/2		

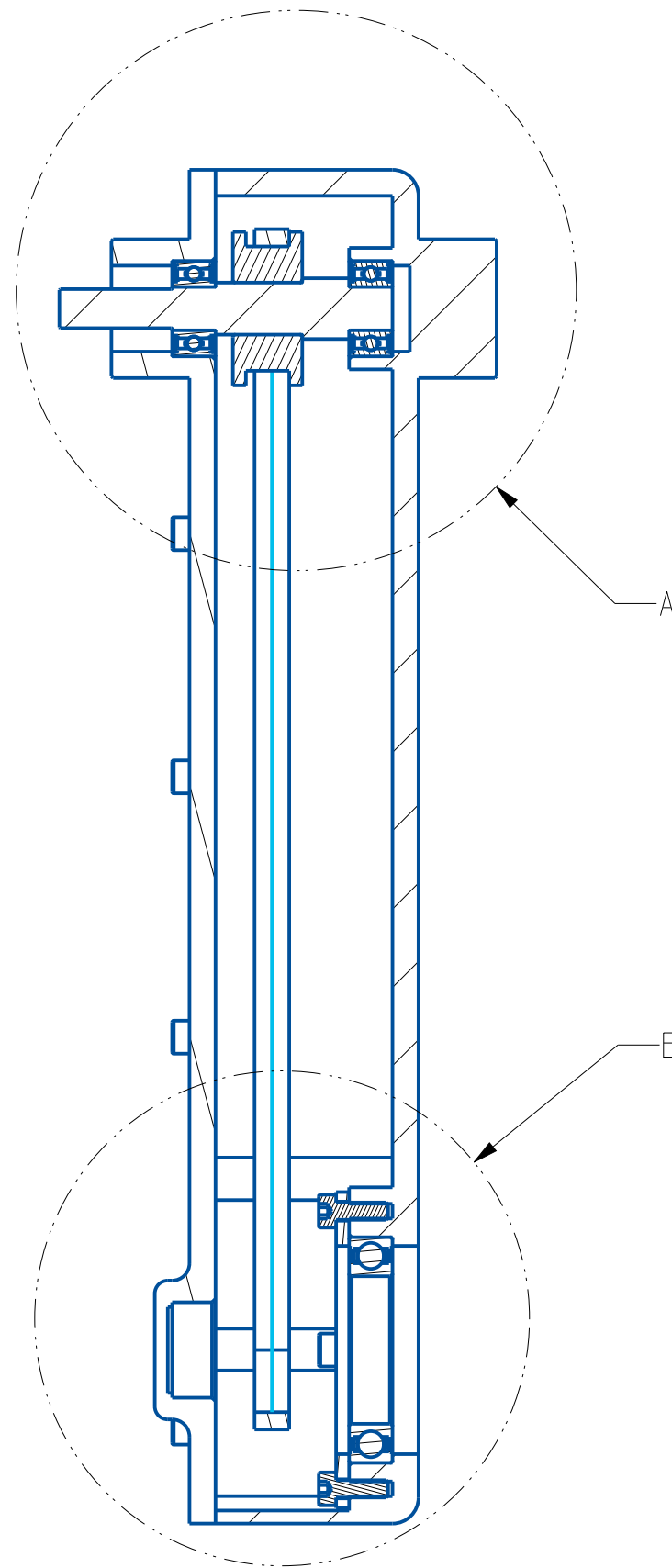
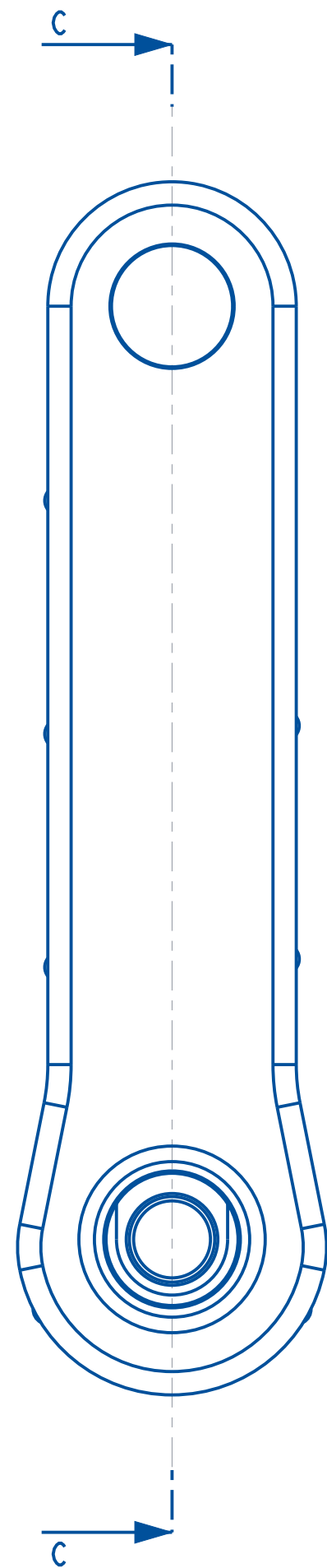


Material: -	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (kg): 2,66						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Escola Politècnica Superior		
-	0 - 10	± 0,1				
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2				
	50 - 200	± 0,8				
-	> 200	± 1				
Projectat:			Descripció			
- -	Rugositat no indicada:					
Aprovat:			Escala: 0,500	Referència		
TFG_ROGER 07/07/2020			Format: A3			
			Revisió: 1	Full: 2/2		

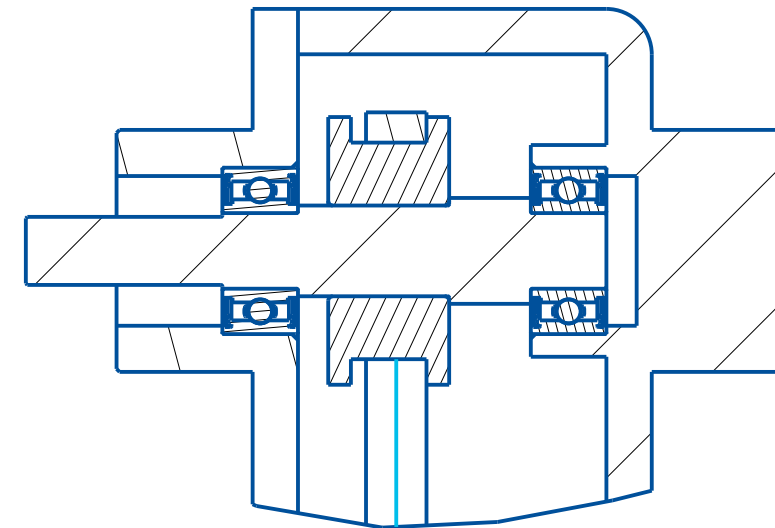


Index	Descripció	Quantitat
1	ARBRE_ENTRADA_BASCULANT	1
2	BASCULANT_CARASSA	1
3	CARGOL-DIN_912-M2X0_4	12
4	CORRETJA_BASCULANT_285_4	1
5	POLITJA_6_	1
6	RODAMENT_685-2Z	2
7	RODAMENT_61803-2RSR	1
8	TAPA_BASCULANT	1
9	TAPA_RODAMENT_ART_BOGIE	1

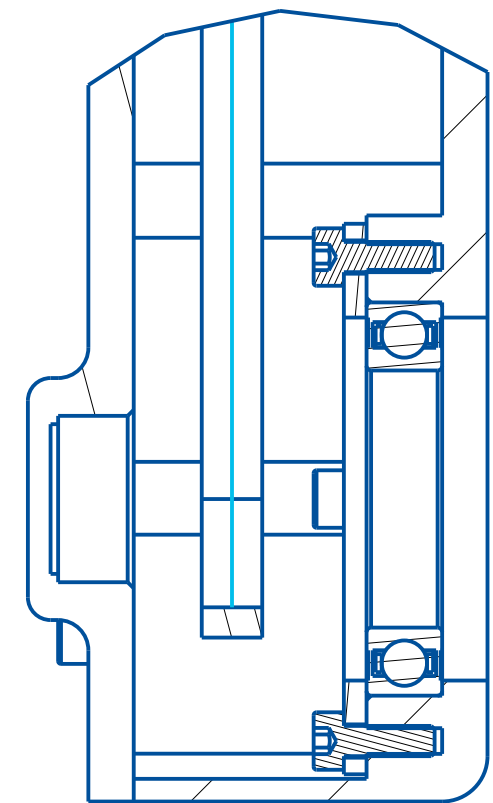
Material: -	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats	
Massa (g): 96,2				
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		
-	0 - 10	± 0,1		
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2		
-	50 - 200	± 0,8		
Projectat:	> 200	± 1		
-	Rugositat no indicada:			Descripció
-				
Aprovat:			Escala: 0,800	01_SUBCONJUNT_BASCULANT
TFG_ROGER 07/07/2020			Format: A3	
			Revisió: 1	Full: 1/2





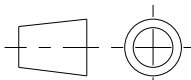
SECCIÓN C-C

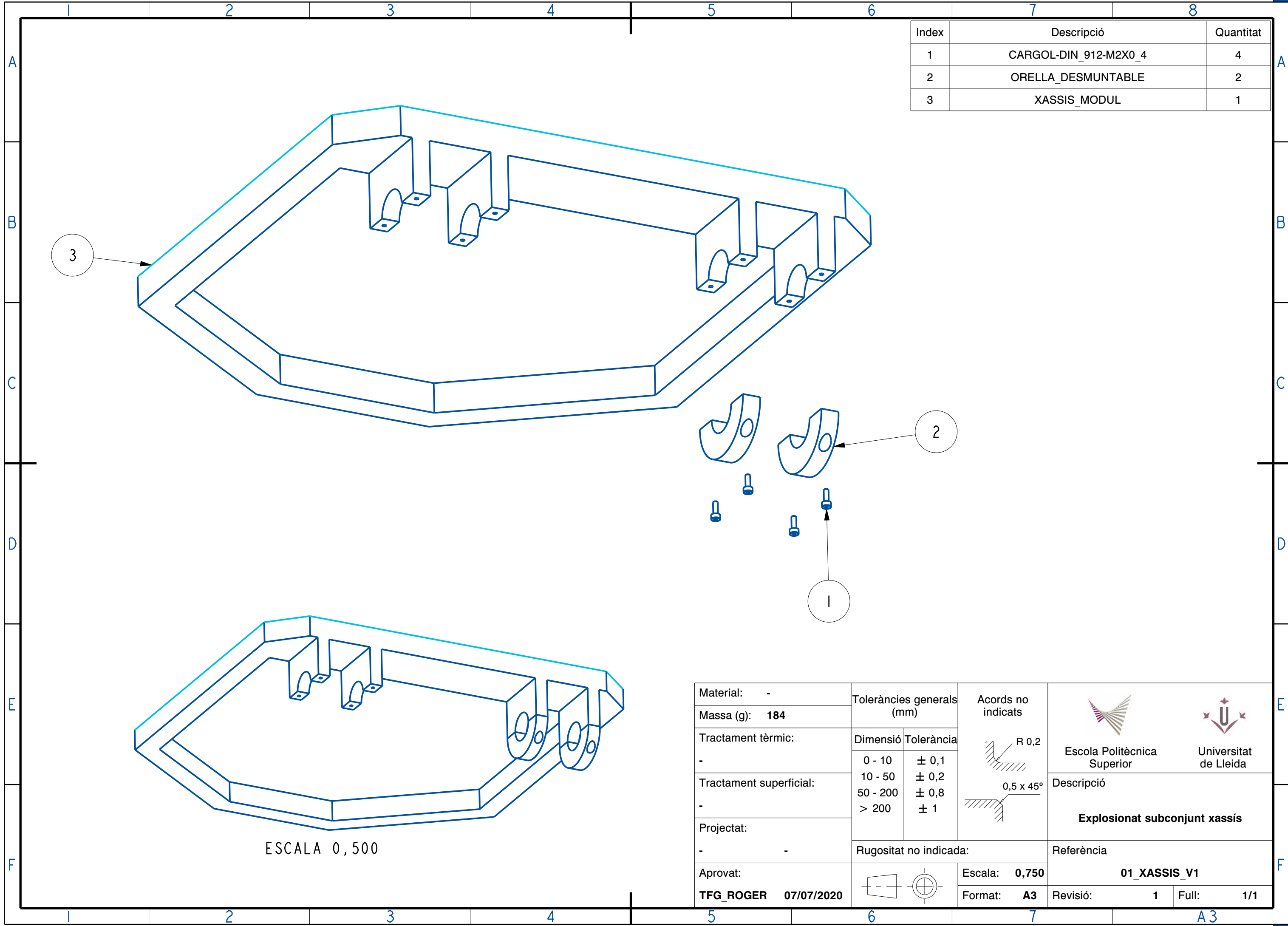


A(2,000)



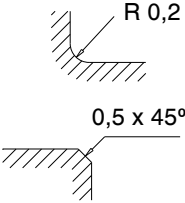
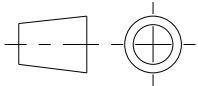


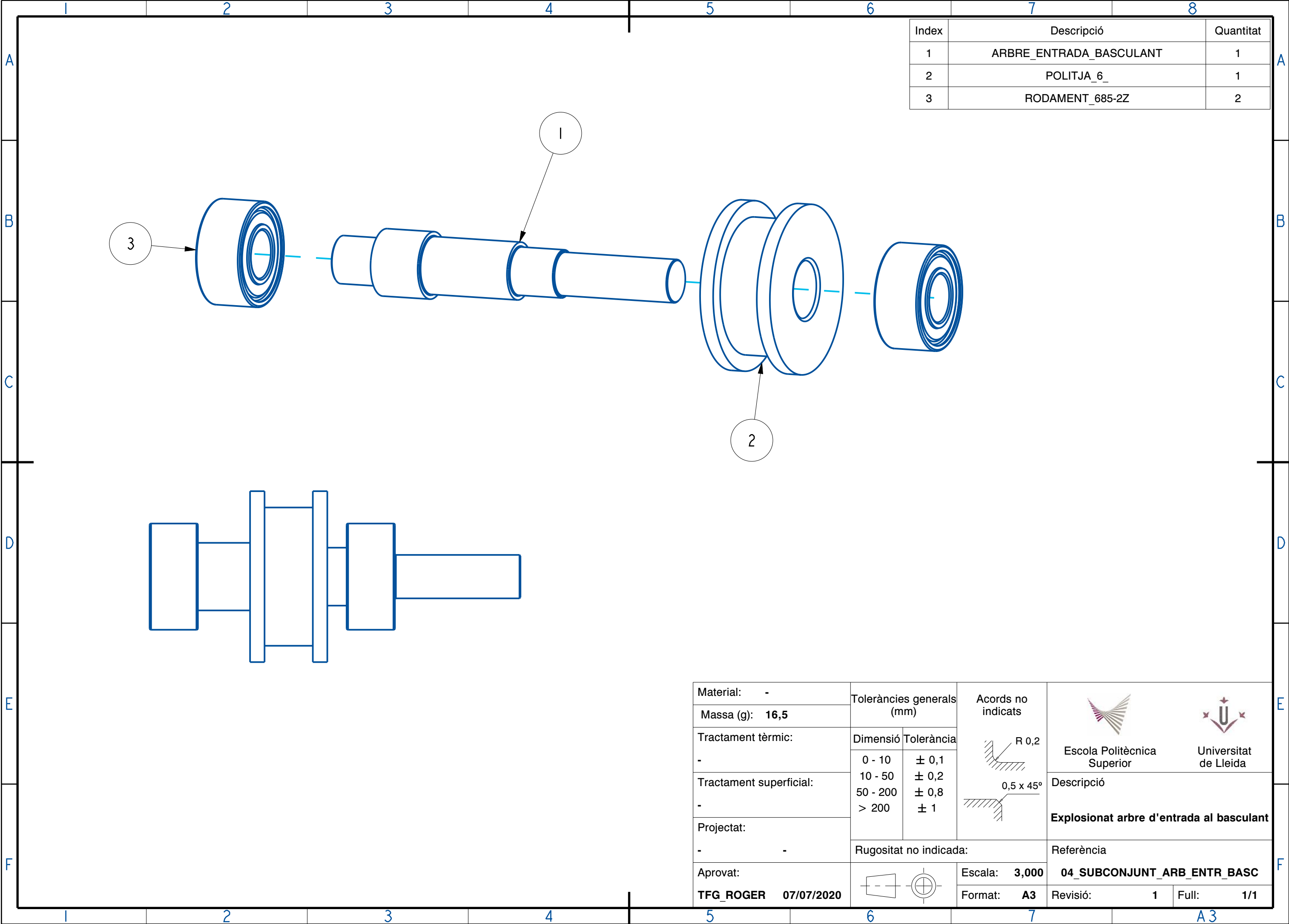
B(2,000)

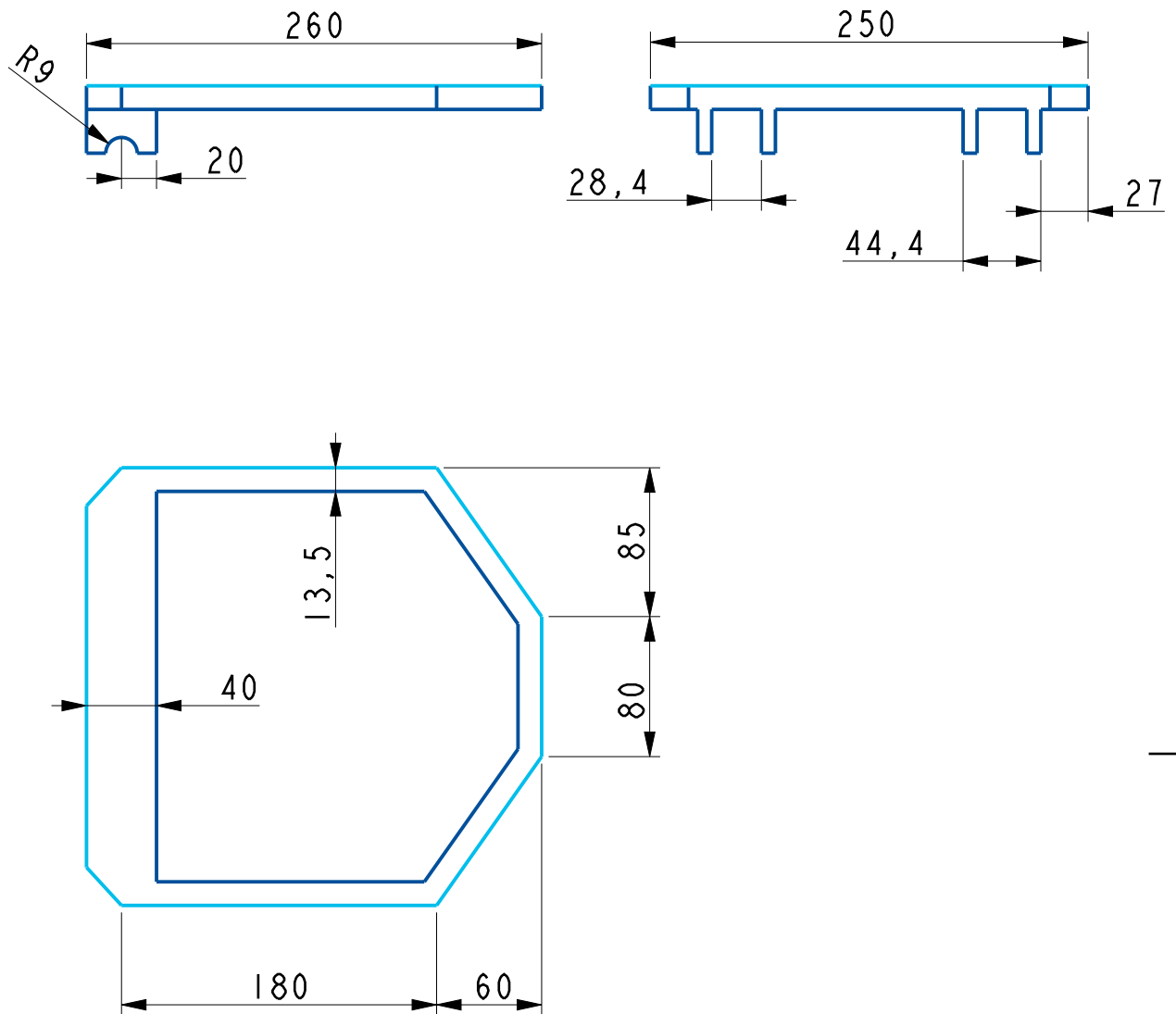
Material: -	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats				
Massa (kg): 96,2							
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		<div>Descripció</div> <div>Vistes de muntatge del conjunt basculant</div>			
-							
Tractament superficial:							
-							
Projectat:	Rugositat no indicada:		Referència				
-	-		01_SUBCONJUNT_BASCULANT				
Aprovat:			Escala: 1,250	Revisió: 1 Full: 2/2			
TFG_ROGER 07/07/2020			Format: A3				



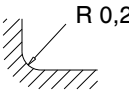
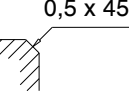
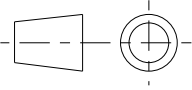


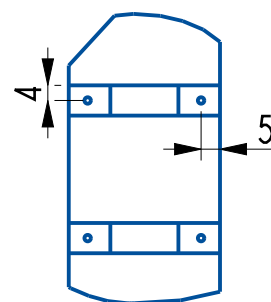
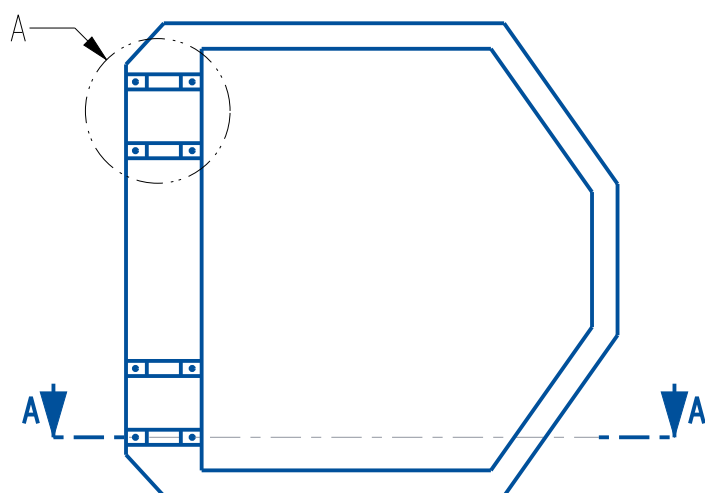
Index	Descripció	Quantitat
1	CARGOL-DIN_912-M2X0_4	4
2	ORELLA_DESMUNTABLE	2
3	XASSIS_MODUL	1

Material:	-	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (g):	184						
Tractament tèrmic:	-	Dimensió	Tolerància				
-	-	0 - 10	± 0,1				
Tractament superficial:	-	10 - 50	± 0,2		Descripció		
-	-	50 - 200	± 0,8				
-	-	> 200	± 1				
Projectat:	-	Rugositat no indicada:			Referència		
-	-						
Aprovat:	-			Escala:	0,750	01_XASSIS_V1	
TFG_ROGER	07/07/2020			Format:	A3		
				Revisió:	1	Full:	1/1





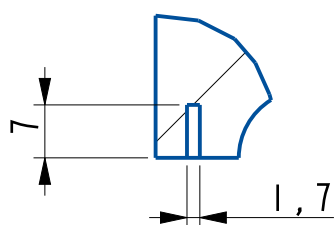
Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats	 	Descripció
Massa (g): <b>174</b>					
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància	 	<b>Xassis d'un mòdul del vehicle</b>	Referència
-	0 - 10	± 0,1			
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2			
-	50 - 200	± 0,5			
Projectat:	> 200	± 1	Rugositat no indicada:	<b>XASSIS_MODUL</b>	<b>1</b>
-					
Aprovat:			Escala: <b>0,250</b>	<b>1</b>	<b>1/2</b>
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>			Format: <b>A4</b>		



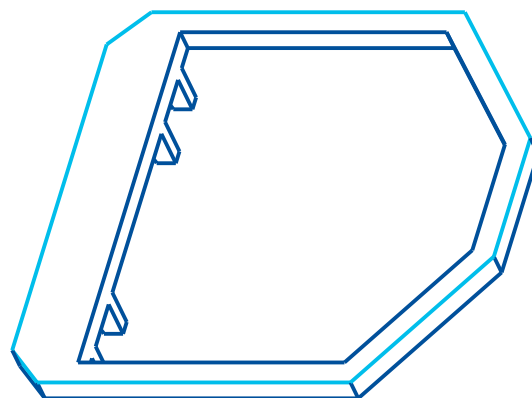
A(0,500)



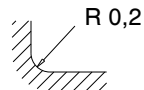
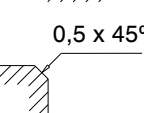
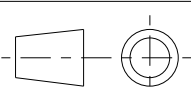


SECCIÓN A - A

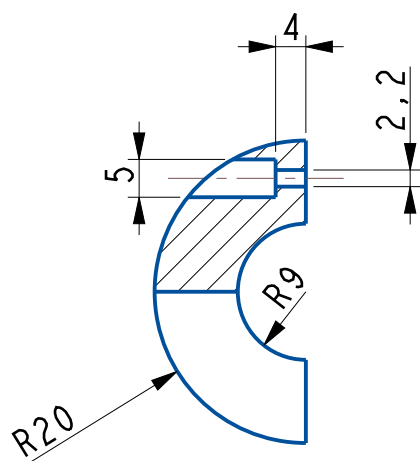


B(1,000)

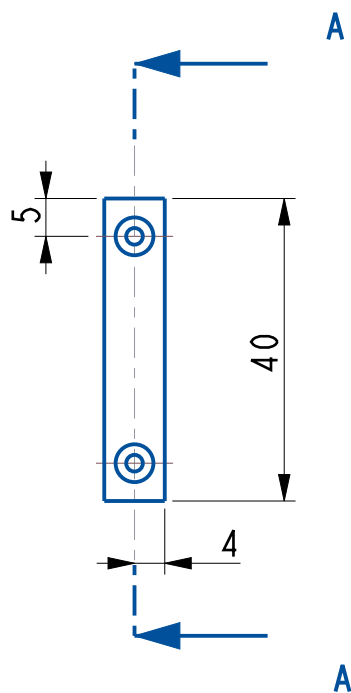




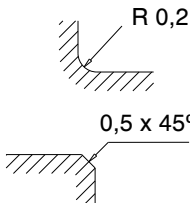
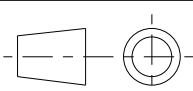
Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (kg): <b>174</b>						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància				
-	0 - 10	± 0,1				
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2				
	50 - 200	± 0,5				
	> 200	± 1				
Projectat:	Rugositat no indicada:			Descripció		
-						
Aprovat:				Referència		
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>						
				Escala: <b>0,250</b>	<b>XASSIS_MODUL</b>	
			Format: <b>A4</b>	Revisió: <b>1</b>		

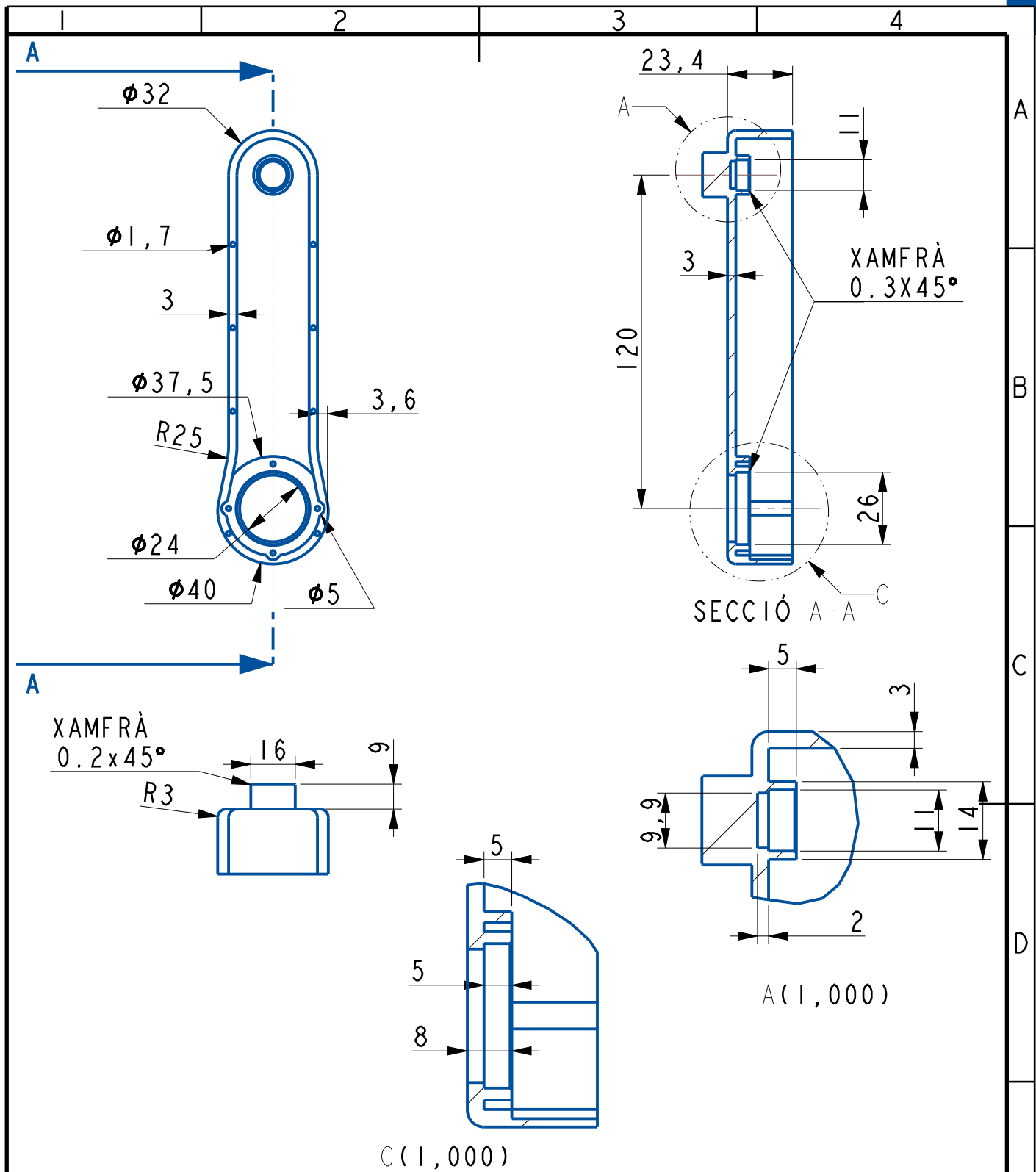


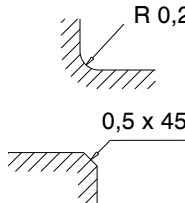


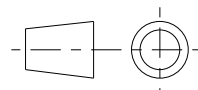


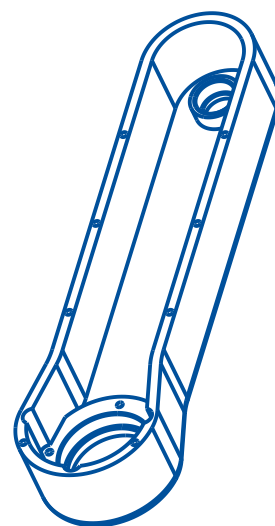
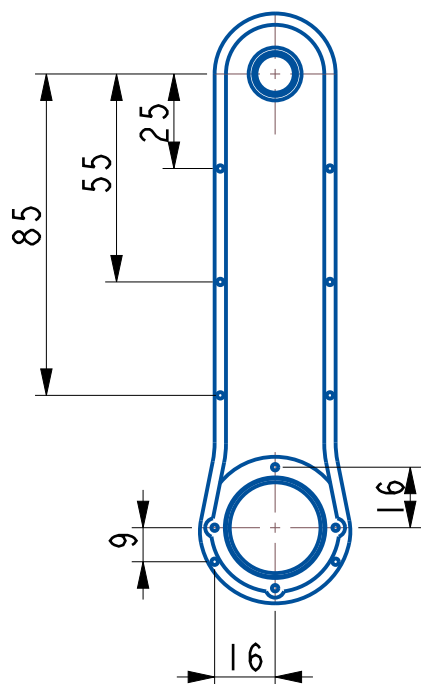
SECCIÓ A

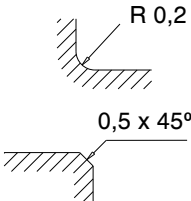


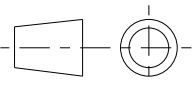


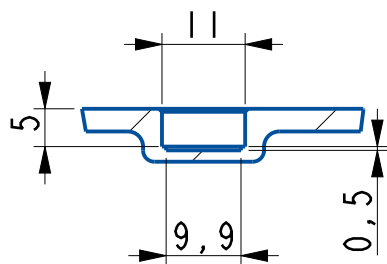
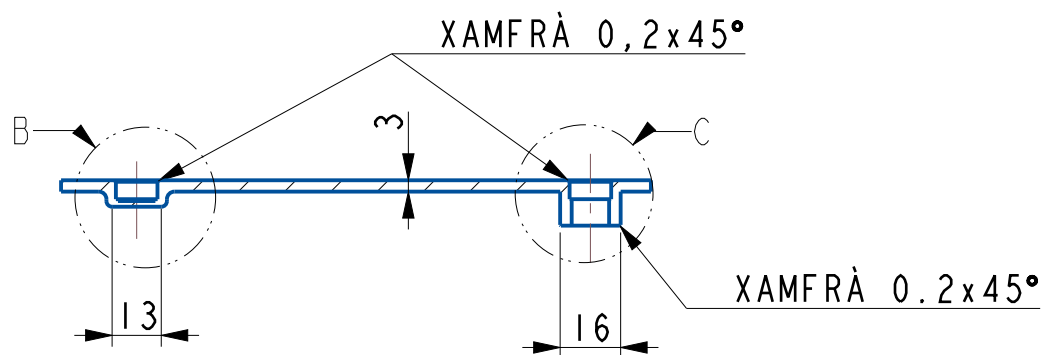
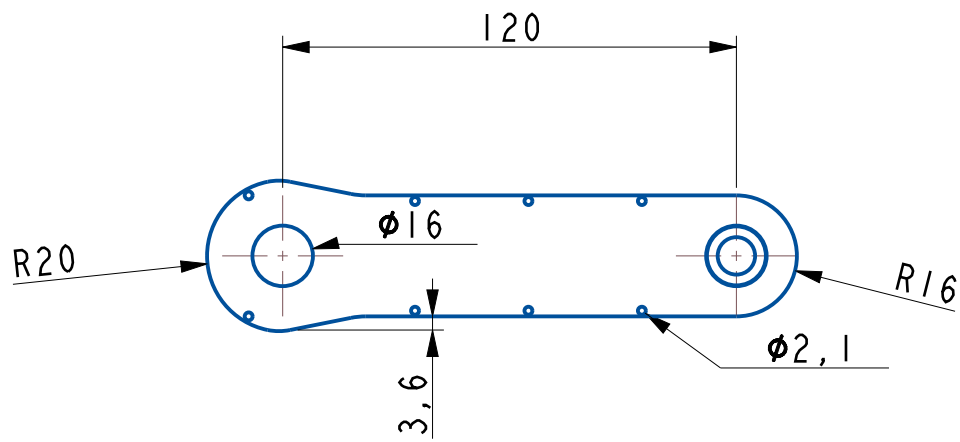
Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (g): <b>4,5</b>						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància				
-	0 - 10	± 0,05				
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,1				
	50 - 200	± 0,8				
	> 200	± 1				
Projectat:				Descripció		
-						
			Orella desmuntable del xassís			
			Referència			
Aprovat:			Escala: <b>1,000</b>	<b>ORELLA_DESMUNTABLE</b>		
TFG_ROGER 07/07/2020			Format: <b>A4</b>			



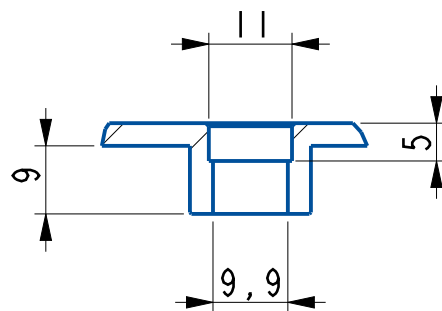
Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats 				E
Massa (g): <b>46,5</b>							
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció			
-					0 - 10	± 0,1	
Tractament superficial:					10 - 50	± 0,2	
					50 - 200	± 0,5	
-	> 200	± 1					
Projectat:	Rugositat no indicada:		Referència				
-							
Aprovat:			Escala: <b>0,500</b>	<b>BASCULANT_CARCASSA</b>		F	
TFG_ROGER 07/07/2020			Format: <b>A4</b>				Revisió: <b>1</b>



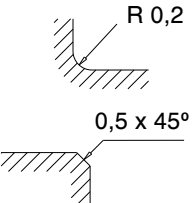


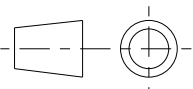
Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats  	 Escola Politècnica Superior		 Universitat de Lleida	
Massa (g): <b>46,5</b>							
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Carcassa del basculant</b>			
-							
Tractament superficial:							
-							
Projectat:	0 - 10	± 0,1	Referència  <b>BASCULANT_CARCASSA</b>				
-	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,5					
	> 200	± 1					
Rugositat no indicada:			Escala: <b>0,500</b>				
Aprovat:			Format: <b>A4</b>				
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>							
			Revisió:		<b>1</b>	Full: <b>2/2</b>	

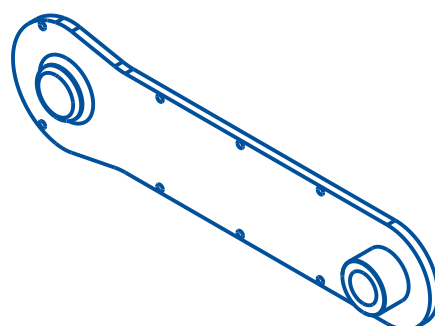
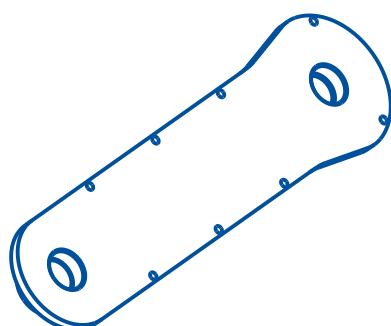
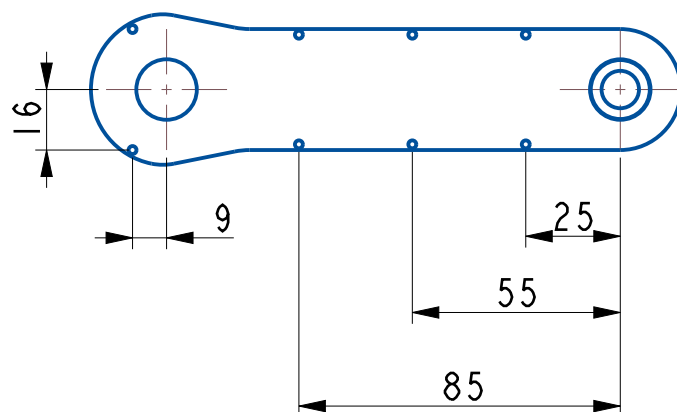



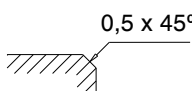


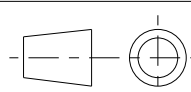
B (1,000)

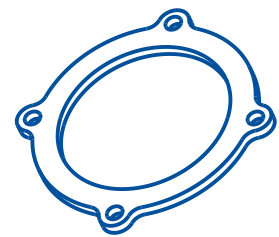
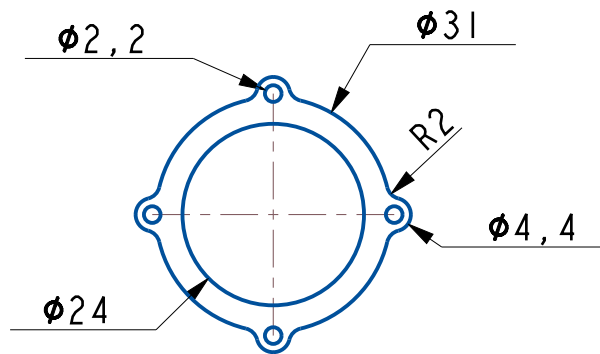


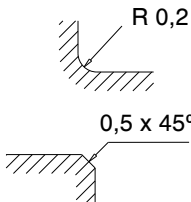


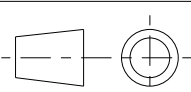
C (1,000)

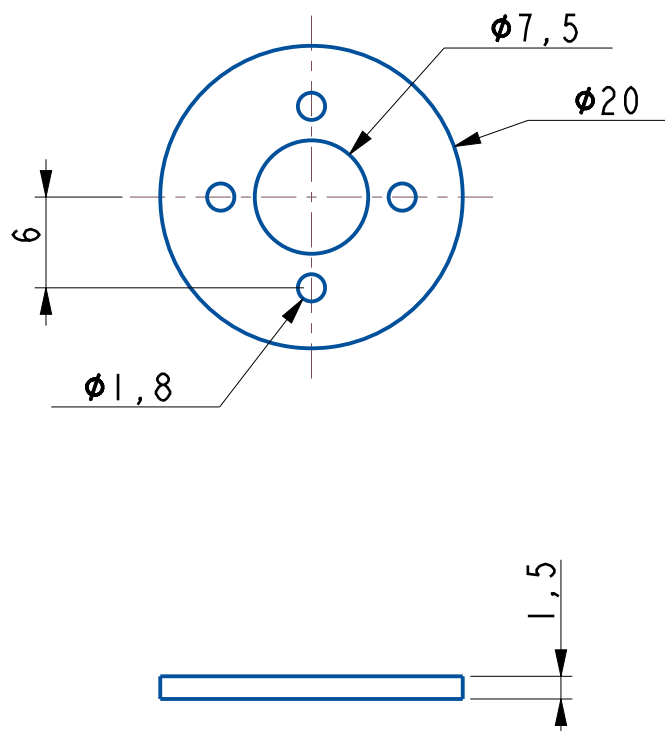
Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats 						
Massa (g): <b>19,7</b>				Escola Politècnica Superior		Universitat de Lleida			
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Tapa de la carcassa del basculant</b>					
-								0 - 10	± 0,1
Tractament superficial:								10 - 50	± 0,2
								50 - 200	± 0,5
-	> 200	± 1	Referència  <b>TAPA_BASCULANT</b>						
Projectat:	Rugositat no indicada:						Escala: <b>0,500</b>		
-	-			Format: <b>A4</b>					
Aprovat:						Revisió: <b>1</b>		Full: <b>1/2</b>	
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>									



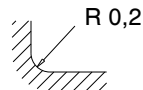
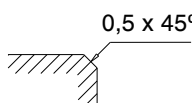
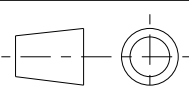


Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats  	 Escola Politècnica Superior		 Universitat de Lleida	
Massa (g): <b>19,7</b>							
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Tapa de la carcassa del basculant</b>			
-	0 - 10	± 0,1					
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,5					
	> 200	± 1					
Projectat:	Rugositat no indicada:			Referència  <b>TAPA_BASCULANT</b>			
-							
Aprovat:			Escala: <b>0,500</b>	<b>TAPA_BASCULANT</b>			
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>			Format: <b>A4</b>				



Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats 				
Massa (g): <b>0,6</b>				Escola Politècnica Superior		Universitat de Lleida	
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció  <b>Tapa del rodament de la art. del bogie</b>			
-							
Tractament superficial:							
-							
Projectat:				Referència  <b>TAPA_RODAMENT_ART_BOGIE</b>			
-	-	Rugositat no indicada:					
Aprovat:			Escala: <b>1,000</b>				
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>			Format: <b>A4</b>				



Material: <b>PLA</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats				
Massa (g): <b>0,5</b>							
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		 			
-	0 - 10	± 0,05					
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,2					
	50 - 200	± 0,8					
-	> 200	± 1					
Projectat:	Rugositat no indicada:			Referència			
-							
Aprovat:			Escala: <b>2,000</b>	<b>TAPA_RODAMENT_INT_4FORATS</b>			
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>			Format: <b>A4</b>				

A

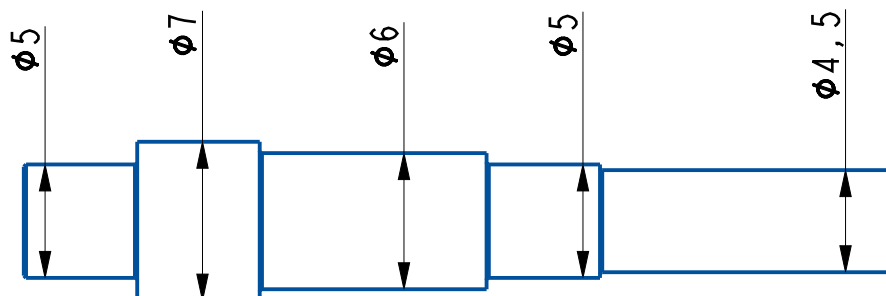
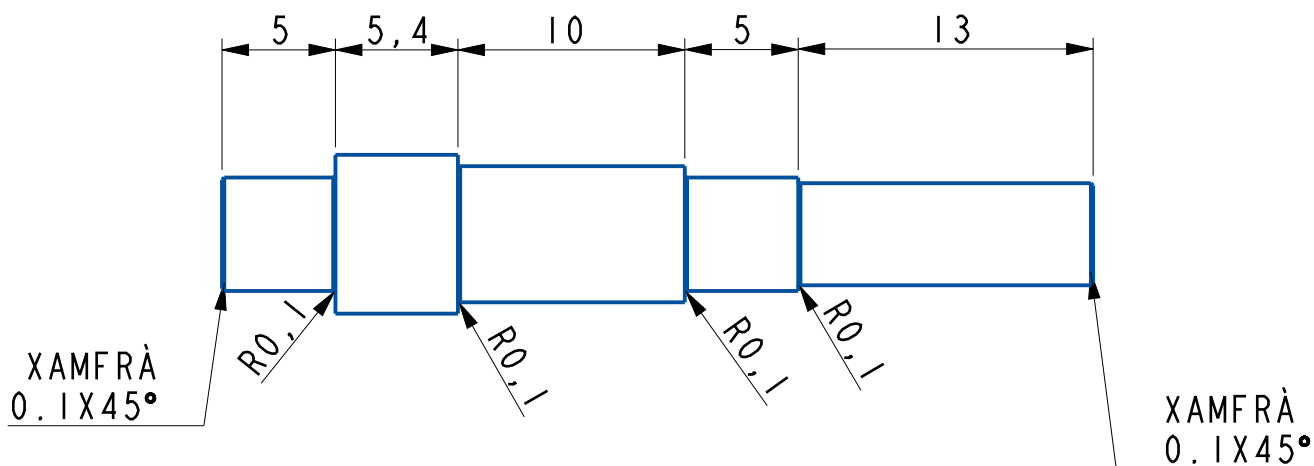
B



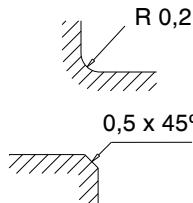
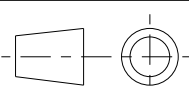
C

D

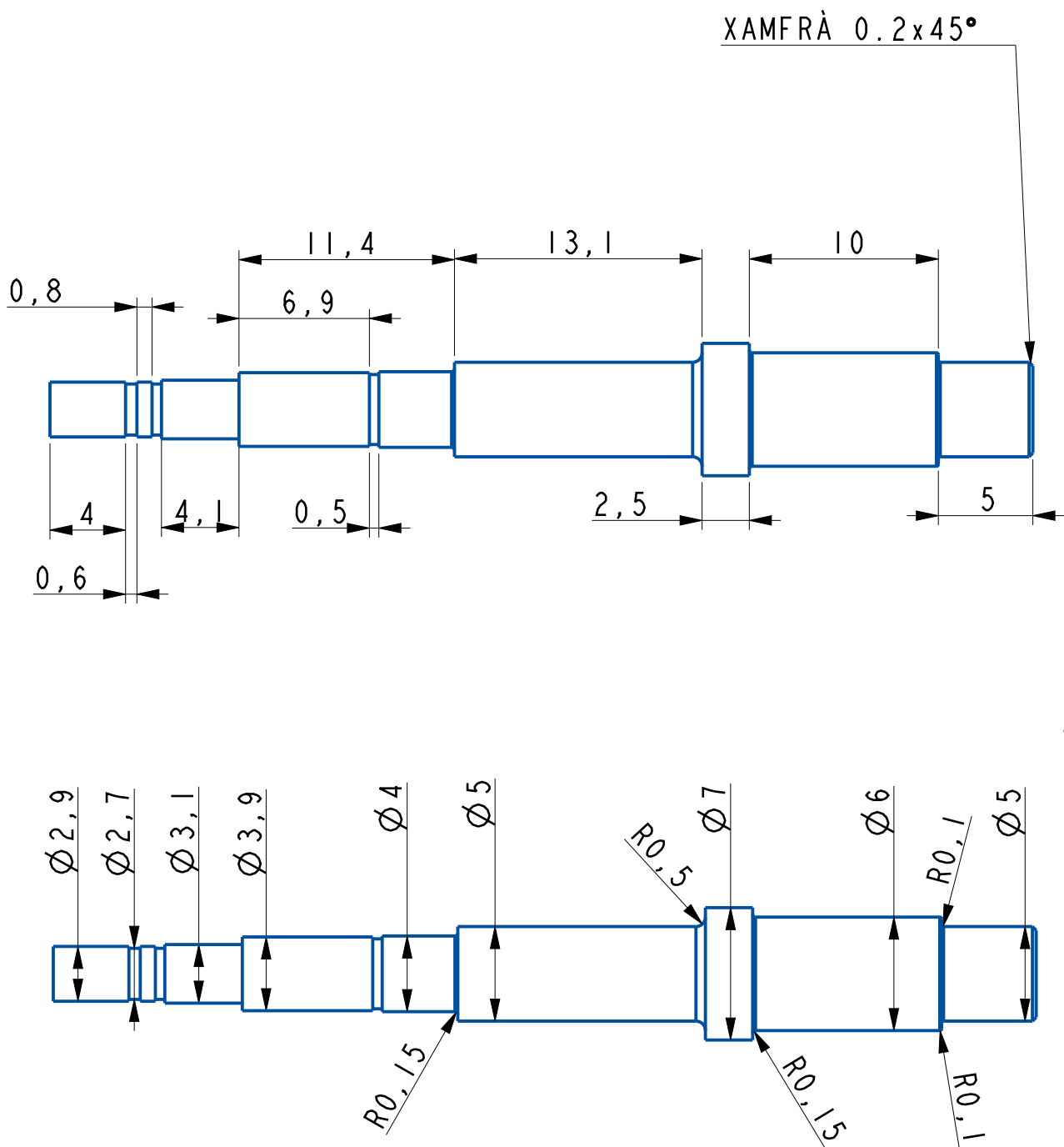
E



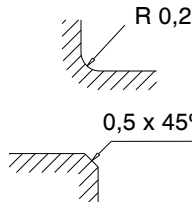
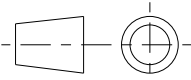
F




Material: <b>ALUMINI</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (g): <b>2.4</b>						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància				
-	0 - 10	± 0,05				
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,05				
	50 - 200	± 0,1				
	> 200	± 1				
Projectat:	Rugositat no indicada:		Referència	<b>ARBRE_ENTRADA_BASCULANT</b>		
-						
Aprovat:		Escala: <b>3,000</b>				
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>		Format: <b>A4</b>				Revisió: <b>1</b>






Material: <b>Alumini</b>	Toleràncies generals (mm)		Acords no indicats			
Massa (g): <b>2,55</b>						
Tractament tèrmic:	Dimensió	Tolerància		Descripció		
-	0 - 10	± 0,05				
Tractament superficial:	10 - 50	± 0,05				
	50 - 200	± 0,8				
	> 200	± 1				
Projectat:						
-	Rugositat no indicada:			Referència		
Aprovat:						
<b>TFG_ROGER 07/07/2020</b>						
	Escala: <b>3,000</b>	<b>EIX_ENTRADA_BOGIE_</b>				
	Format: <b>A4</b>	Revisió: <b>1</b>	Full: <b>1/1</b>			


 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS	Pàgina:	1 de 8

## Full d'especificacions dels rodaments

<b>Projecte:</b> Elements d'articulació entre els conjunts	<b>Ítems:</b> Rodament 17x26x5  Ref. Marca INA: 61803-2RSR	Full 1 de 2
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Permet la articulació entre els conjunts basculant i bogie.		
<b>Dades tècniques:</b>  Diàmetre interior: 17 mm  Diàmetre exterior: 26 mm  Gruix: 5 mm  Capacitat de càrrega dinàmica: 2,2 kN  Rodament segellat	<b>Representació / Imatge:</b>  	
<b>Observacions:</b> Comprovar les cotes mostrades a les dades tècniques i validar-les incloent les toleràncies de fabricació indicades pel fabricant.		


 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS		Pàgina: 2 de 8

<b>Projecte:</b> Elements de transmissió del basculant	<b>Ítems:</b> Rodament 5x11x5  Ref. Marca INA: 685-2Z	Full 2 de 2
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Subjectar els arbres de transmissió. Arbres d'entrada al basculant i sortida.		
<b>Dades tècniques:</b>  Diàmetre interior: 5 mm  Diàmetre exterior: 11 mm  Gruix: 5 mm  Capacitat de càrrega dinàmica: 0,7 kN  Rodament segellat	<b>Representació / Imatge:</b>  	
<b>Observacions:</b> Comprovar les cotes mostrades a les dades tècniques i validar-les incloent les toleràncies de fabricació indicades pel fabricant.		

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS	Pàgina:	3 de 8


## Full d'especificacions dels casquets de fricció

<b>Projecte:</b> Elements d'articulació entre els conjunts	<b>Ítems:</b> Casquets de fricció 16x18x9  Ref. Marca IGUS: GFM-1618-09	Full 1 de 1
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Permet la articulació entre els conjunts xassís i basculant.		
<b>Dades tècniques:</b>  Diàmetre interior: 16 mm  Diàmetre exterior: 18 mm  Gruix: 9 mm  Model de qualitat: Sèrie G  Mòdul d'elasticitat 7.800 MPa	<b>Representació / Imatge:</b>  	
<b>Observacions:</b> Comprovar les cotes mostrades a les dades tècniques i validar-les incloent les toleràncies de fabricació indicades pel fabricant.		


 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS	Pàgina:	4 de 8


## Full d'especificacions de les politges

<b>Projecte:</b> Elements de transmissió del basculant	<b>Ítems:</b> Politja dentada de pas 2,5 mm i 18 dents.	Full 1 de 1
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Transmetre la potència de l'arbre d'entrada al basculant cap a la corretja i de la corretja a l'arbre de sortida del basculant.		
<b>Dades tècniques:</b>  Pas: 2,5mm  Diàmetre interior: 6 mm  Número de dents: 18  Amplada màxima permesa de la politja: 5 mm  Amplada politja: 8 mm	<b>Representació / Imatge:</b>  	
<b>Observacions:</b> Es procedirà a rebaixar l'amplada estàndard de la politja fins a la cota especificada.		

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS	Pàgina:	5 de 8


## Full d'especificacions de la corretja dentada

<b>Projecte:</b> Elements de transmissió del basculant	<b>Ítems:</b> Corretja dentada de pas 2,5 mm, 285 mm de longitud, 114 dents i 4 mm d'amplada.	Full 1 de 1
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Transmetre la potència entre els arbres d'entrada i sortida del basculant mitjançant les politges.		
<b>Dades tècniques:</b> Longitud: 285 mm Pas: 2,5 mm Número de dents: 114 Amplada: 4 mm Resistència a la tracció: 39 N	<b>Representació / Imatge:</b> 	
<b>Observacions:</b> La longitud de la politja és una mesura estandarditzada segons el catàleg del fabricant (Mulco belts).		

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS	Pàgina:	6 de 8


## Full d'especificacions dels elements de transmissió


<b>Projecte:</b> Elements de transmissió del vehicle	<b>Ítems:</b> Diferencial HSP 94170	Full 1 de 3
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Transmetre la potència que entra de l'arbre de la caixa de canvis cap als dos arbres de sortida cap al conjunt basculant.		
<b>Dades tècniques:</b> Escala: 1:10 Dimensions: 40x60 mm Dents corona: 38T Dent pinyó: 13T Material dels dents: Metall	<b>Representació / Imatge:</b> 	
<b>Observacions:</b> Comprovar el nombre de dents del diferencial que sigui el mateix que el descrit a les característiques tècniques i engrèixar els engranatges. Comprovar el bon funcionament dels rodaments, substituir-los per uns de les mateixes dimensions si fes falta.		


 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS		Pàgina: 7 de 8

<b>Projecte:</b> Elements de transmissió del vehicle	<b>Ítems:</b> Caixa de canvis Axspeed	Full 2 de 3
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Desmultiplicar el gir del motor per adequar-se als valors de parell motor i velocitat angular a la roda requerits.		
<b>Dades tècniques:</b> Escala: 1:10 Nombre de relacions: 2 Engranatge recte: 45T Engranatges d'entrada: 18T, 30T Engranatge de sortida: 36T Engranatges de la caixa de transferència: 27T Material dels dents: Metall	<b>Representació / Imatge:</b> 	
<b>Observacions:</b> Comprovar el nombre de dents dels engranatges siguin del mateix número que el descrit a les característiques tècniques i engrèixar els engranatges. Comprovar el bon funcionament dels rodaments, substituir-los per uns de les mateixes dimensions si fes falta.		




 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PLEC DE CONIDICONS		Pàgina: 8 de 8

<b>Projecte:</b> Elements de transmissió del vehicle	<b>Ítems:</b> Motor Racestar 4068	Full 3 de 3
		Data: Juliol 2020
<b>Funció:</b> Impulsar el vehicle.		
<b>Dades tècniques:</b> Escala: 1:8 Tipus de motor: Sense escombretes Potència: 2200W Gir per cada volt admès (KV): 2050 KV Controlador: 120A ESC	<b>Representació / Imatge:</b> 	
<b>Observacions:</b> Comprovar el bon funcionament del motor.		

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PRESSUPOST	Pàgina:	1 de 6

## Índex del pressupost

1. Continguts del pressupost .....	2
2. Elements comercials implementats .....	3
3. Elements de fabricació pròpia implementats .....	3
4. Cost dels elements comercials .....	4
5. Cost dels elements de fabricació pròpia .....	5
6. Cost del conjunt del conjunt de components d'un vehicle que es dissenyen en aquest projecte.....	6

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PRESSUPOST	Pàgina:	2 de 6

## 1. Continguts del pressupost

El pressupost que es detallarà a continuació contemplarà tots aquells elements comercials analitzats que es necessiten per muntar un conjunt basculant i el conjunt del sistema de transmissió. També inclourà el cost total del vehicle de tots aquells elements que s'han desenvolupat en aquest treball i en l'anterior que són el conjunt bogie, conjunt basculant i elements de transmissió.

El pressupost inclou els elements de transmissió analitzats al treball però no inclou el conjunt del xassís perquè no entra dins de l'abast del treball.

El cost que suposa el projecte pel que fa a la fabricació serà una aproximació, ja que encara que es tenia previst poder fabricar i muntar el prototipus no es va poder fer, per tant no es té una referència prou acurada.

Es tindrà en compte el cost d'operació de les màquines utilitzades i el cost de muntatge dels conjunts.

No es tindrà en compte el cost del desenvolupament del projecte en l'àmbit tècnic.

## 2. Elements comercials implementats

Elements comercials implementats al conjunt del basculant

*Taula 1: Elements comercials del conjunt basculant*

Elements	Unitats
Rodament 17x26x5	1
Rodament 5x11x5	3
Politges T2,5 z18	2
Corretja T2,5 285 mm (4 mm d'amplada)	1
Casquets de fricció IGUS	2
Cargols	20

Elements comercials implementats al conjunt del sistema de transmissió

*Taula 2: Elements comercials del sistema de transmissió del vehicle*

Elements	Unitats
Motor Racestar 4068	1
Caixa de canvis Axspeed	1
Diferencial HSP 94170	2

## 3. Elements de fabricació pròpia implementats

Elements de fabricació implementats al conjunt del basculants

*Taula 3: Elements de fabricació pròpia del conjunt basculant*

Elements	Unitats
Arbre d'entrada al basculant	1
Arbre d'entrada al bogie	1
Peces impreses amb 3D per un conjunt basculant	1

## 4. Cost dels elements comercials

Cost dels elements comercials implementats al conjunt del basculant


*Taula 4: Cost aproximat dels elements comercials que formen un conjunt basculant*

Elements	Unitats	Cost unitari (€)	Cost total (€)
Rodament 17x26x5	1	2,40	2,40
Rodament 5x11x5	3	1,50	4,50
Politges T2,5 z18	2	7,30	14,6
Corretja T2,5 285 mm (4 mm d'amplada)	1	11,4	11,4
Casquets de fricció IGUS	2	3,5	7,00
Cargoleria	20		2,00
<b>Cost total aproximat dels elements comercials que formen un conjunt basculant</b>			<b>41,9</b>

Cost del elements comercials implementats al conjunt del sistema de transmissió

*Taula 5: Cost total aproximat dels elements comercials que formen el conjunt de transmissió del vehicle*

Elements	Unitats	Cost unitari (€)	Cost total (€)
Motor Racestar 4068	1	72	72
Caixa de canvis Axspeed	1	50	50
Diferencial HSP 94170	2	7	14
<b>Cost total aproximat dels elements comercials que formen el conjunt de transmissió del vehicle</b>			<b>136</b>

 <b>Universitat de Lleida</b> Escola Politècnica Superior	Desenvolupament, disseny i construcció dels subconjunts del basculant i de transmissió d'un vehicle a petita escala de múltiples eixos amb bogies.		
	Autor: Roger Mateu Vichares		
	PRESSUPOST	Pàgina:	5 de 6

## 5. Cost dels elements de fabricació pròpia

*Taula 6: Cost total aproximat dels elements de fabricació pròpia del basculant*

<b>Materials</b>	<b>Bobina (500gr)</b>	<b>Cost unitari/kg (€)</b>	<b>Cost total (€)</b>
Material PLA	1	10	10
<b>Fabricació</b>	<b>Hores</b>	<b>Cost unitari/hora (€)</b>	<b>Cost total (€)</b>
Hores d'impressió 3D	8	5	40
Hores de mecanització dels arbres de transmissió	2,5	40	100
<b>Cost total aproximat de fabricació</b>			<b>140</b>
<b>Cost total aproximat dels elements de fabricació pròpia del basculant</b>			<b>160</b>

Al cost unitari de les hores de fabricació dels elements s'ha tingut en compte el cost d'operació de les màquines.

## 6. Cost del conjunt del conjunt de components d'un vehicle que es dissenyen en aquest projecte

*Taula 7: Cost total aproximat d'un conjunt basculant*

Elements	Unitats	Cost unitari (€)	Cost total (€)
Elements comercials	1	41,9	41,9
Elements de fabricació pròpia	1	160	160
<b>Cost total aproximat dels elements</b>			201,9
Muntatge	Hora	Cost unitari/hora (€)	Cost total (€)
Hores de muntatge	1,5	15	22,5
<b>Cost total aproximat del muntatge</b>			22,5
<b>Cost total aproximat d'un conjunt basculant</b>			<b>224,4</b>

*Taula 8: Cost total aproximat del vehicle*

Elements	Unitats	Cost unitari (€)	Cost total (€)
Elements de transmissió comercials	1	136	136
Subconjunt bogie	4	858,9	3435
Subconjunt basculant	4	235,4	937
<b>Cost total aproximat dels elements</b>			4508
Muntatge	Hores	Cost unitari/hora (€)	Cost total (€)
Hores de muntatge	1	15	15
<b>Cost total aproximat del vehicle</b>			<b>4523</b>

La taula núm.8 representa el cost que té fabricar i muntar el vehicle amb tots els elements que s'han arribat a desenvolupar en aquest treball i en els anteriors.

El cost de fabricació del subconjunt bogie s'ha agafat del treball anterior on es va desenvolupar.